

A5

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003 年 7 月 3 日 (03.07.2003)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 03/053230 A1

(51) 国際特許分類: A61B 3/107 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社トプコン (KABUSHIKI KAISHA TOPCON) [JP/JP]; 〒174-0052 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP02/12941

(22) 国際出願日: 2002 年 12 月 10 日 (10.12.2002) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 広原 陽子 (HIROHARA, Yoko) [JP/JP]; 〒174-0052 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP). 森山 拓哉 (MORIYAMA, Takuya) [JP/JP]; 〒174-0052 東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社トプコン内 Tokyo (JP).

(25) 国際出願の言語: 日本語

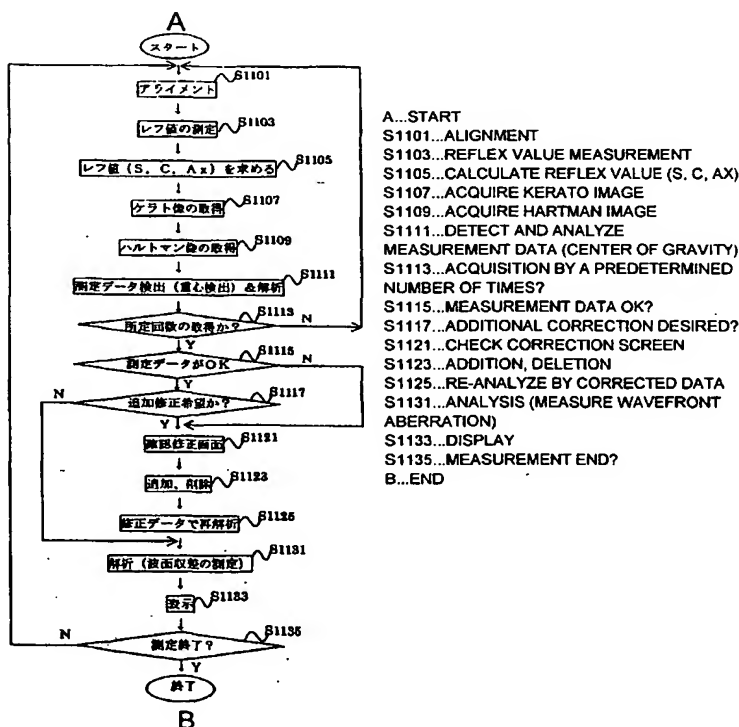
(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:  
特願 2001-376717 2001 年 12 月 11 日 (11.12.2001) JP (74) 代理人: 橋爪 健 (HASHIZUME, Takeshi); 〒104-0061 東京都中央区銀座 3 丁目 1 3 番 1 7 号 Tokyo (JP).  
特願 2001-388965 2001 年 12 月 21 日 (21.12.2001) JP (81) 指定国 (国内): JP, US.

[続葉有]

(54) Title: EYE CHARACTERISTIC MEASURING APPARATUS

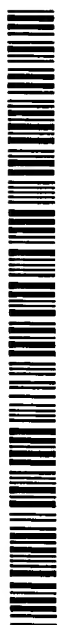
(54) 発明の名称: 眼特性測定装置



(57) Abstract: An eye characteristic measuring apparatus can effectively and properly measure and display wavefront aberration of an eye regardless of the eye state. A first illumination optical system (200A) illuminates a small area on a retina of the eye by a first light flux from a first light source unit (100). A first reception light optical system (300A) leads a part of light flux reflected from the retina (61) to a first light reception unit (510) via a first conversion member (400) for converting the reflected light flux into at least 17 beams. A measurement data judgment unit, for example, judges whether the measurement data is appropriate for calculating the wavefront aberration according to a first signal from the first light reception unit (510). For example, when the measurement data judgment unit judges that the measurement data is not appropriate, a first correction unit causes to display a check correction screen which will be detailed later and corrects the data into appropriate measurement data. Furthermore, according to the measurement data judged to be appropriate or the measurement data which has been corrected by the first correction unit (603), a calculation unit calculates the wavefront aberration of the eye (60) as optical characteristic. Moreover, a measurement result

judgment unit, for example, judges whether the wavefront aberration calculated by the calculation unit is appropriate. Moreover, for example, when the measurement result judgment unit judges that the measurement result is not appropriate, a second correction unit (607) causes to display the check correction screen and correct the data into appropriate measurement data.

[続葉有]



WO 03/053230 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(57) 要約:

被検眼の状態に係らず、被検眼の波面収差をより効率的に適切に測定し表示を行う。第1照明光学系200Aは、第1の光源部100からの第1光束で被検眼網膜61上で微小な領域を照明する。第1受光光学系300Aは、被検眼網膜61から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導く。測定データ判断部は、例えば、第1受光部510からの第1信号に基づき、波面収差を求めるのに適切な測定データかどうかを判断する。第1修正部は、例えば、測定データ判断部が適切な測定データでないと判断したときに、後述する確認修正画面を表示させ、適切な測定データに修正する。演算部は、さらに、測定データ判断部が適切な測定データと判断した測定データ又は第1修正部603が修正した測定データに基づき、被検眼60の波面収差を光学特性として演算する。また、測定結果判断部は、例えば、演算部で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する。また、第2修正部607は、例えば、測定結果判断部が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する。

## 明 細 書

### 眼特性測定装置

#### 技術分野

- 5       本発明は、眼特性測定装置に係り、特に、被検眼の波面収差をより効率的に適切に測定し表示を可能とする眼特性測定装置に関する。

#### 背景技術

- 10       従来の角膜形状測定装置は、指標を投影し、その指標の結像位置を求め角膜形状を測定する装置が知られている。また、眼の光学特性を測定する装置には、本出願人が特許出願を行ったものとして、第1受光部の受光レベルで照明光学系のピント調整を行い、第1受光部の出力から求めた光学特性(S)に基づき受光光学系のピント調整を行う装置が存在している(特願平9-137630号に基づく国内優先権主張特許出願、特願平10-146562号(特開平11-028188号))。

15

#### 発明の開示

- 15       しかしながら、従来の眼特性測定装置では、円錐角膜などの病眼の測定の場合に不都合な場合が想定される。例えば、眼底からの微弱な反射光に基づくハルトマン像からスポット像を抽出することは、被検眼の収差が大きい場合、眼球内での透過率
- 20       率が低い又は散乱が多いような場合に、自動的に抽出することが困難な場合が想定される。

      特に、被検眼が正常でない場合には、このようなスポット像の抽出が困難な場合が想定される。従来より、上述のような場合でも、効率的な手順で修正作業を行い波面測定を行うことが切望されていた。

25

      また、一般的に、参照格子点とずれが生じる場合、ハルトマン像のスポット像は、水平方向の格子間隔は略一定で鉛直方向の格子間隔に粗密が生じる傾向がある。そこで、多くの人の眼の測定を自動的に確実に測定できるように格子点を決定する方

向として、水平方向を優先させる場合が想定される。しかし、倒乱視、角膜異常、角膜手術の失敗等による眼は、例えば、水平方向の格子間隔が粗密となることがある。従来より、上述のような場合でも、的確な波面測定を行うことが切望されていた。

5

本発明の目的のひとつは、以上の点に鑑み、被検眼の状態に係らず、被検眼の波面収差をより効率的に適切に測定し表示を行うことができる眼特性測定装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、波面収差の測定前及び／又は測定後において、効率的な手順で修正作業を行い再び波面収差の測定を行うことができる眼特性測定装置を提供することにある。

10

また、本発明の他の目的は、ハルトマン像のスポット像と格子点座標とを対応付けて、照明状態を適切にすることができる眼特性測定装置の提供を目的とする。

15

本発明の第 1 の解決手段によると、  
第 1 波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第 1 照明光学系と、

20

被検眼網膜から反射して戻ってくる第 1 反射光束の一部を、該第 1 反射光束を少なくとも実質的に 17 本のビームに変換する第 1 変換部材を介して受光するように導く第 1 受光光学系と、

上記第 1 受光光学系の受光光束を受光し、第 1 信号を形成する第 1 受光部と、

上記第 1 受光部からの第 1 信号に基づき、波面収差を求めるのに適切な測定データかどうかを判断する測定データ判断部と、

25

上記測定データ判断部が適切な測定データでないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第 1 修正部と、

上記測定データ判断部が適切な測定データと判断した測定データ又は上記第 1 修正部が修正した測定データに基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置を提供する。

本発明の第 2 の解決手段によると、

5 第 1 波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第 1 照明  
光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第 1 反射光束の一部を、該第 1 反射光束を少  
なくとも実質的に 17 本のビームに変換する第 1 変換部材を介して受光するよう  
10 に導く第 1 受光光学系と、

上記第 1 受光光学系の受光光束を受光し、第 1 信号を形成する第 1 受光部と、

上記第 1 受光部からの第 1 信号の測定データに基づき、被検眼の波面収差を光学  
特性として演算する演算部と、

上記演算部で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する測定結果判  
断部と、  
15

上記測定結果判断部が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を  
表示させ適切な測定データに修正する第 2 修正部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置を提供する。

20

本発明の第 3 の解決手段によると、

第 1 波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第 1 照明  
光学系と、

25 被検眼網膜から反射して戻ってくる第 1 反射光束の一部を、該第 1 反射光束を少  
なくとも実質的に 17 本のビームに変換する第 1 変換部材を介して受光するよう  
に導く第 1 受光光学系と、

上記第 1 受光光学系の受光光束を受光し、第 1 信号を形成する第 1 受光部と、

上記第 1 受光部からの第 1 信号に基づき、波面収差を求めるのに適切な測定デー

タかどうかを判断する測定データ判断部と、

上記測定データ判断部が適切な測定データでないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第1修正部と、

5 上記測定データ判断部が適切な測定データと判断した測定データ又は上記第1修正部が修正した測定データに基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

上記演算部で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する測定結果判断部と、

10 上記測定結果判断部が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第2修正部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置を提供する。

本発明の第4の解決手段によると、

15 第1波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第1反射光束の一部を、該第1反射光束を少なくとも実質的に17本のビームに変換する第1変換部材を介して受光するように導く第1受光光学系と、

上記第1受光光学系の受光光束を受光し、第1信号を形成する第1受光部と、

上記第1受光部からの第1信号に基づき、スポット像のピークを抽出するピーク抽出部と、

25 上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像のピークに基づき、水平方向の中心軸付近から、格子点の列番号を決定し、その後、決定された列番号のスポット像位置に基づき行番号を決定する第1モードにより、格子点を決定する格子点決定部と、

上記格子点決定部で決定された格子点に基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置を提供する。

本発明の第 5 の解決手段によると、

5 第 1 波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第 1 照明  
光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第 1 反射光束の一部を、該第 1 反射光束を少  
なくとも実質的に 17 本のビームに変換する第 1 変換部材を介して受光するよう

10 に導く第 1 受光光学系と、

上記第 1 受光光学系の受光光束を受光し、第 1 信号を形成する第 1 受光部と、

上記第 1 受光部からの第 1 信号に基づき、スポット像のピークを抽出するピーク  
抽出部と、

15 上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像のピークに基づき、一の軸付近か  
ら、格子点の行番号又は列番号の一方を決定し、その後、決定された一方の番号か  
ら他方の列番号又は行番号を、そのスポット像位置に基づき決定する格子点決定部  
と、

上記格子点決定部で決定された格子点に基づき、被検眼の波面収差を光学特性と  
して演算する演算部と、

20 上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置を提供する。

## 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明に関する眼特性測定装置 1000 の概略光学系を示す図である。

25 図 2 は、本発明に関する眼特性測定装置 1000 の電氣的構成を示す電気系ブ  
ロック図である。

図 3 は、眼特性測定装置 1000 の具体的な測定方法を示す第 1 の実施の形態  
のフローチャートである。

図 4 は、確認修正画面の表示例を示す図である。

図5は、モード選択ボタンがそれぞれ選択された場合の確認修正画面を示す図である。

図6は、確認修正画面上の実行ボタン「スポットの重心検出」を選択した場合を示す図である。

5 図7は、確認修正画面上の実行ボタン「点の消去」を選択した場合を示す図である。

図8は、確認修正画面上の実行ボタン「ダミー点」を選択した場合を示す図である。

10 図9は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第2の実施の形態のフローチャートである。

図10は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第3の実施の形態のフローチャートである。

図11は、本発明に関する眼特性測定装置1000の電氣的構成を示す電気系ブロック図である。

15 図12は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第1の実施の形態のフローチャートである。

図13は、自動解析モード（ハルトマン像）の処理を示すフローチャート（1）である。

20 図14は、横方向のみの場合の自動解析モードの処理を表すフローチャートである。

図15は、格子点に行及び列番号を付す際のスポットを示す図である。

図16は、自動解析モード（前眼部像）の処理を示すフローチャートである。

図17は、プラチドリングマップ、瞳エッジマップの説明図である。

25 図18は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第2の実施の形態のフローチャートである。

図19は、自動解析モード（ハルトマン像）の処理を示すフローチャート（2）である。

図20は、ゼルニケの多項式についての説明図（1）である。

図21は、ゼルニケの多項式についての説明図（2）である。



## 発明を実施するための最良の形態

以下、図面を用いて本発明の実施の形態を詳細に説明する。

### 5      1. 光学系

図1は、本発明に関する眼特性測定装置1000の概略光学系を示す図である。

10      眼特性測定装置1000は、例えば、第1の光源部100と、第1照明光学系200Aと、第1受光光学系300Aと、第1受光部510と、第3光源部91と、第2の光源部110と、第2照明光学系200Bと、第2受光光学系300Bと、第2受光部520と、第3受光光学系30と、第1調整用光学系50と、第2調整用光学系70と、第3照明用光学系90を備える。なお、被測定眼60については、図中、網膜（眼底）61、角膜（前眼部）62が示されている。

15      第1の光源部100は、第1波長の光束を発する。第1照明光学系200Aは、第1の光源部100からの第1光束で被検眼網膜61上で微小な領域を照明する。第1受光光学系300Aは、例えば、被検眼網膜61から反射して戻ってくる光束の一部を、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材400を介して第1受光部510に導く。第2の光源部110は、第2波長の光束を  
20      発する。第2照明光学系200Bは、第2の光源部110からの第2光束で被検眼網膜61上に所定の領域を照明する。第2受光光学系300Bは、被検眼網膜61から反射して戻ってくる第2光束を第2受光部520に導く。

以下、各部について詳細に説明する。

25      第1照明光学系200Aは、例えば、第1の光源部100からの光束で被検眼眼底61上で微小な領域を照明するためのものである。第1照明光学系200Aは、第1の集光レンズ210と、第1の正負一組のシリンドーレンズ（いわゆるバリアブルクロスシリンドー）220aと、第1リレーレンズ220bとを備える。

第1の光源部100は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。ここでは、一例として、第1の光源部100には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。なお、第1の光源部100は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。そして、LEDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。また、照明用の第1の光源部100の波長は、例えば、赤外域の波長、例えば780nmを使用することができる。

第1受光光学系300Aは、例えば、被検眼網膜62から反射して戻ってきて第2のビームスプリッタ340を通過した光束を受光し第1受光部510に導くためのものである。第1受光光学系300Aは、第1のアフォーカルレンズ310と、第2の正負一組のシリンダーレンズ（いわゆるバリアブルクロスシリンダー）320aと、第2リレーレンズ320bと、第2のビームスプリッタ340と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材400とを備える。

第1受光光学系300Aに配置された変換部材400は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。なお、ここでは、変換部材400には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

第1受光部510は、変換部材400を通過した第1の受光光学系300Aからの光を受光し、第1信号を生成するためのものである。第1受光部510は、第1の光源部100と眼底61が共役となっており、眼底61と第1受光部510とが共役となっている。更に、変換部材400と瞳孔も共役となっている。即ち、第1のアフォーカルレンズ310の前側焦点は、被検査対象物である被検眼60の前眼部62の瞳孔と略一致している。眼底61からの反射光は、第1のアフォーカルレンズ310及び第2のバリアブルクロスシリンダー320aを通過し、変換部材400を介して、第1受光部510上に集光する。

そして、第1照明光学系200Aと第1受光光学系300Aとは、第1の光源部100からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第1受光部510での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動し、第1受光部510での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する。

5

また、第1の集光レンズ210は、第1の光源部100の拡散光を平行光に変換する。絞り210aは、被検眼60の瞳、あるいは変換部材（ハルトマンプレート）400と光学的に共役の位置にある。絞り210aは、径がハルトマンプレート400の有効範囲より小さく、いわゆるシングルパスの収差計測（受光側だけに眼の収差が影響する方法）が成り立つ様になっている。第1リレーレンズ220bは、上記を満たすために、実光線の眼底共役点を前側焦点位置に、さらに、眼の瞳との共役関係を満たすために、後側焦点位置が絞り210aと一致するように配置されている。

10

また、第1の光源部100から出た入射光線は、眼底61から拡散反射された測定光線と第2のビームスプリッタ340で共通光路になった後は、近軸的には、眼底61から拡散反射された測定光線と同じ進み方をする。但し、シングルパス測定的时候は、それぞれの光線の径は違い、入射光線のビーム径は、測定光線に比べ、かなり細く設定される。具体的には、入射光線のビーム径は、例えば、被検眼60の瞳位置で1mm程度、測定光線のビーム径は、7mm程度になることもある。

20

第2照明光学系200Bは、第2の光源部110からの第2光束で被検眼網膜上に所定の領域を照明するためのものである。第2の光源部110は、例えば波長860nmの第2波長の光束を発するためのものである。第2照明光学系200Bは、例えば、第2の光源部110と、第3の集光レンズ230と、第1のリング絞り240と、第4の集光レンズ250と、第2のリング絞り260と、レンズ270と、第1のビームスプリッタ330とを備える。第3の集光レンズ230と第1のリング絞り240とは、瞳を照明するためのものであり、第4の集光レンズ250と第2のリング絞り260とは、眼底61を照明するためのものである。

25

第2の受光光学系300Bは、例えば、第1のアフォーカルレンズ310と、第1のビームスプリッタ330と、第2の集光レンズ350とを備える。第1のアフォーカルレンズ310と第1のビームスプリッタ330との間に形成されたビームスプリッタ285で反射された第2波長の光は、第1のビームスプリッタ330、第2の集光レンズ350を介して第2受光部520に導く様に構成されている。第2受光部520は、第2信号を生成する。

ビームスプリッタ285は、例えば、第1波長の光束を反射するダイクロイックミラーで構成されている。また、第2のビームスプリッタ340とビームスプリッタ285との間には、眼底61からの反射むら等による光を均一化するためのロータリープリズム332が配置されている。瞳孔とロータリープリズム332は略共役な関係となっている。

第1の光源部100、第2の光源部110の2次光源に相当する第2リング絞り260と、眼底61とが共役となっており、眼底61と第1受光部510、第2受光部520とが共役となっている。更に、変換部材400と瞳孔も共役となっており、瞳孔と第1のリング絞り240とが共役となっている。

第3受光光学系30は、リレーレンズ31、32、33、テレセン絞り34、第3受光部（ここでは、例えば、前眼部観察CCD）35を備える。第3受光光学系30は、第1調整用光学系50に含まれるプラチドリング用光源部42から照明されたプラチドリング41のパターンが、被測定眼60の前眼部62から反射して戻ってくる光束を、第3受光部35に導く。また、テレセン絞り34は、例えば、前眼部像がぼけないようにするための絞りである。また、テレセン絞り34とビームスプリッタ285との間には、ビームスプリッタ280が配置されている。なお、プラチドリング41の代わりに、例えば、ケラトリングを用いるようにしてもよく、この場合、ケラト像により角膜62の曲率中心付近だけのパターンを得ることができる。

第1調整用光学系50は、例えば、作動距離調整を主に行うものであって、光源部55と、集光レンズ52、53と、受光部54とを備える。ここで、作動距離調整は、例えば、光源部55から射出された光軸付近の平行な光束を、被測定眼60  
5 に向けて照射すると共に、この被測定眼60から反射された光を、集光レンズ52、53を介して受光部54で受光することにより行われる。また、被測定眼60が適正な作動距離にある場合、受光部54の光軸上に、光源部55からのスポット像が形成される。一方、被測定眼60が適正な作動距離から前後に外れた場合、光源部55からのスポット像は、受光部54の光軸より上又は下に形成される。なお、受  
10 光部54は、光源部55、光軸、受光部54を含む面内での光束位置の変化を検出できればいいので、例えば、この面内に配された1次元CCD、ポジションセンシングデバイス（PSD）等を適用できる。

第2調整用光学系70は、例えば、XY方向のアライメント調整を行うものであって、アライメント用光源部71と、レンズ72と、ビームスプリッタ73とを備える。  
15

第3照明用光学系90は、例えば、被検眼の固視や雲霧をさせる為の視標を投影する光路を含むものであって、第3光源部（例えば、ランプ）91、固視標92、  
20 リレーレンズ93を備える。第3光源部91からの光束で固視標92を眼底61に照射することができ、被検眼60にその像を観察させる。

## 2. 眼特性測定装置（I）

図2は、本発明に関する眼特性測定装置1000の電氣的構成を示す電気系ブロック図である。  
25

眼特性測定装置1000に関する電気駆動系は、演算部600と、制御部610と、入力部650と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部911と、第3の駆動部912と、第4の駆動部913と、第5の駆

動部 9 1 4 と、第 6 の駆動部 9 1 5 とを備える。演算部 6 0 0 は、例えば、測定データ判断部 6 0 1 と、第 1 修正部 6 0 3 と、測定結果判断部 6 0 5 と、第 2 修正部 6 0 7 と、各種眼特性測定を行う測定部とを備える。さらに、入力部 6 5 0 は、表示部 7 0 0 に表示された適宜のボタン、アイコン、位置、領域等を指示するためポインティングデバイス、各種データを入力するためのキーボード等を備える。

また、演算部 6 0 0 には、第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号④と、第 2 受光部 5 2 0 からの第 2 信号⑤と、第 3 受光部 3 5 からの信号⑦と、受光部 5 4 からの信号 (1 4) が入力される様に構成されており、演算部 6 0 0 は、第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号④に基づき、被検眼 6 0 の光学特性を求め、第 2 受光部 5 2 0 からの第 2 信号⑤に基づき、球面度数、乱視度数、乱視軸角度の演算及び第 1 照明光学系 2 0 0 A の照明状態を検出する様になっている。また、演算部 6 0 0 は、この演算結果に応じた信号を、電気駆動系の全体の制御を行う制御部 6 1 0 と、表示部 7 0 0 (各種の表示例については、後述する。) と、メモリ 8 0 0 とにそれぞれ出力する。なお、演算部 6 0 0 は、例えば、光束の傾き角に対応する第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号に基づき、被検眼 6 0 の光学特性を求める。

測定データ判断部 6 0 1 は、例えば、第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号に基づき (第 1 受光部 5 1 0 で得られた光束の傾き角に基づいて)、波面収差を求めるのに適切な測定データかどうかを判断する。第 1 修正部 6 0 3 は、例えば、測定データ判断部 6 0 1 が適切な測定データでないと判断したときに、後述する確認修正画面を表示させ、適切な測定データに修正する。

演算部 6 0 0 は、さらに、測定データ判断部 6 0 1 が適切な測定データと判断した測定データ又は第 1 修正部 6 0 3 が修正した測定データに基づき、被検眼 6 0 の波面収差を光学特性として演算する。また、測定結果判断部 6 0 5 は、例えば、演算部 6 0 0 で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する。また、第 2 修正部 6 0 7 は、例えば、測定結果判断部 6 0 5 が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する。

制御部 610 は、演算部 600 からの制御信号に基づいて、第 1 の光源部 100 の点灯、消灯を制御したり、第 1 の駆動部 910 ~ 第 6 の駆動部 915 を制御するためのものである。制御部 610 は、例えば、演算部 600 での演算結果に応じた信号に基づいて、第 1 光源部 100 に対して信号①を出力し、第 2 光源部 110 に対して信号 (12) を出力し、第 3 光源部 91 に対して信号 (11) を出力し、光源部 55 に対して信号 (13) を出力し、アライメント用光源部 71 に対して信号 (16) を出力し、プラチドリング用光源部 42 に対して信号⑥を出力し、さらに、第 1 駆動部 910 ~ 第 6 駆動部 915 に対して信号を出力する。

10 第 1 の駆動部 910 は、演算部 600 に入力された第 1 受光部 510 からの信号④に基づいて、信号②を出力して、第 1 照明光学系 200A の第 1 のバリエブルクロスシリンダー 220a と、第 1 受光光学系 300A の第 2 のバリエブルクロスシリンダー 320a とを回動させるためのものである。第 1 の駆動部 910 は、適宜のレンズ移動手段を駆動させて、第 1 のシリンダーレンズ 220a を回動させて、  
15 被検眼の乱視成分を補正する様に構成されている。なお、この 2 つのバリエブルクロスシリンダーはなくてもよく、この補正を行わなくてもよい。

第 2 駆動部 911 は、例えば、演算部 600 に入力された第 1 受光部 510 からの受光信号④に基づいて、第 1 照明光学系 200A 及び第 1 受光光学系 300A を  
20 光軸方向に移動させるものであり、図示しない適宜のレンズ移動手段に対して信号③を出力すると共に、このレンズ移動手段を駆動する。

第 3 駆動部 912 は、例えば、第 3 照明光学系 90 の固視標 92 を移動させるものであり、図示しない適宜の移動手段に対して信号 (15) を出力すると共に、  
25 この移動手段を駆動する。これにより、第 3 駆動部 912 は、第 3 照明光学系 90 の固視標 92 の移動、調節を行うことができる。

第 4 駆動部 913 は、例えば、ロータリープリズム 332 を回動させるものであり、図示しない適宜のレンズ移動手段に対して信号 (10) を出力すると共に、このレンズ移動手段を駆動する。

第5駆動部914は、例えば、演算部600より第2光源部110へ出力された信号(12)に基づいて、第2照明光学系200Bを光軸方向に移動させるものであり、図示しない適宜のレンズ移動手段に対して信号⑨を出力すると共に、このレンズ移動手段を駆動する。

第6駆動部915は、例えば、演算部600に入力された第2受光部520からの受光信号⑤に基づいて、第2受光光学系300Bを光軸方向に移動させるものであり、図示しない適宜のレンズ移動手段に対して信号⑧を出力すると共に、このレンズ移動手段を駆動する。

#### (第1の実施の形態のフローチャート)

図3は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第1の実施の形態のフローチャートである。ここでのフローチャートは、波面収差の表示の前に、解析に相応しいデータかどうかを判断し、相応しくないときには、確認修正画面を自動的に表示又は検者の指示により表示し、修正の上、波面収差を計算し表示を行う処理を示している。

測定が開始されると、まず、被検眼60の位置のアライメント調整が行われる(S1101)。ここでは、例えば、検者の指示に従い、制御部610が、演算部600からの制御信号に基づいて、所定の駆動部を制御して、アライメントを行い、被検眼60と眼特性測定装置1000の光学系とを適切な配置とする。

つぎに、演算部600は、アライメント調整後、オートレフラクトメータによりレフ値の測定を行う(S1103)。演算部600は、ステップS1103の測定に基づき、球面度数、乱視度数、乱視軸角度(S、C、A<sub>x</sub>)等のレフ値を求める(S1105)。演算部600は、ステップS1105の後、第3受光光学系30の第3受光部35により、ケラト像を取得する(S1107)。なお、ステップS1107では、ケラト像を用いたが、その代わりにプラチドリング像を取得するようにしてもよい。さらに、演算部600は、第1受光光学系300Aの第1受光部510により、ハルトマン像を取得する(S1109)。



演算部600は、測定データの検出（例えば、ハルトマン像の各スポットの重心検出）及び波面収差等の眼光学特性の解析を行う（S1111）。なお、この解析が終了していなくても所定回数のハルトマン像の取得が行える。つぎに、演算部600は、ステップS1111で検出した測定データを所定回数取得したか否かを判断する（S1113）。所定回数取得していない場合、再びステップS1101に戻りアライメント調整以降の処理が行われる。

一方、ステップS1113で測定データを所定回数取得した場合、測定データ判断部601は、測定データが解析（波面収差等の眼光学特性の測定）を行うのに適しているか否かを判定する（S1115）。測定データ判断部601は、例えば、ステップS1115において、次のいずれか又は組合わせた条件により、測定データの適否を判定することができる。

- ・スポット像の全体的な密度が所定値以上か否か？
- ・抽出スポットの数が所定数以上か否か？
- ・スポット像のレベルが所定レベル以上か否か？

測定データ判断部601がステップS1115で測定データが適切であると判断した場合、演算部600は、適宜の検者が追加修正を希望しているか否かを判定する（S1117）。ステップS1117で検者が追加修正を希望していない場合、演算部600は、ステップS1131の解析を行う。

一方、測定データ判断部601がステップS1115で測定データが解析を行うのに適していないと判断した場合、第1修正部603は、表示部700に自動的に確認修正画面を表示し、確認修正モードに移行する（S1121）。また、この確認修正画面は、ステップS1117で検者が追加修正を希望している場合にも表示され、確認修正モードに移行する。

ここで、確認修正モードについて説明する。

図4は、確認修正画面の表示例を示す図である。

確認修正画面には、例えば、ハルトマン像の各スポット（図中、○印）を表示する。また、確認修正画面には、例えば、スポットの重心を+で示す「point」モードと、各スポット同士を格子状に結んだ状態で表示させる「net」モードと、各スポットに適宜の座標値を付した状態で表示させる「number」モードとがあり、これらのモードを選択するためのモード選択ボタン（「point」「net」「number」）が含まれる。なお、これらのモードは重複して選択・表示することができる。また、確認修正画面は、後述する「スポットの重心検出」、「点の消去」、「ダミー点（ダミー点の付加）」を実行するための実行ボタンをさらに含む。

つぎに、確認修正画面において、検者の指示に従い、これらのモード選択ボタン（「point」「net」「number」）がそれぞれ選択された場合について具体的に示す。

図5は、モード選択ボタンがそれぞれ選択された場合の確認修正画面を示す図である。

まず、図5（a）は、「point」モードが選択された状態を示している。図5（b）は、「net」モードが選択された状態を示している。また、図5（c）では、「number」モードが選択された状態を示している。

ここで、再び図3に戻って説明すると、第1修正部603は、確認修正画面上でスポットに関する追加、削除を行う（S1123）。以下、ステップS1123について説明する。

図6は、確認修正画面上の実行ボタン「スポットの重心検出」を選択した場合を示す図である。

ステップS1123の処理としては、例えば、確認修正画面において実行ボタン「スポットの重心検出」が選択された場合、第1修正部603は、ポインティングデバイス、キーボード等の入力部650を用いて適宜の検者によりスポット重心を追加したい領域が選択されると、スポット重心検出を行う。スポット重心を追加したい領域を囲うには、例えば、矩形、もしくは楕円等の対角線上にマウスポインタ

を動かすようにする、もしくは自由曲線で囲う等が挙げられる。なお、スポットの重心検出では、全スポットを含む領域において、スポットを抽出する際の光量レベルの閾値を変更することで重心検出を行うことができる。例えば、スポットの重心検出では、例えば、各スポットのぼけが含まれる領域を矩形、もしくは楕円等で囲み、全体のシェーディングも考慮し、例えば、シェーディング背景、ノイズ成分を除去すること等により、スポットの重心検出を行うことができる（シェーディング補正）。重心検出はこの場合は領域ごとに1点としているが、領域内に複数点検出するような設定にすることも可能である。

10 図7は、確認修正画面上の実行ボタン「点の消去」を選択した場合を示す図である。

ステップS 1 1 2 3の処理としては、例えば、確認修正画面において実行ボタン「点の消去」が選択された場合、第1修正部6 0 3は、ポインティングデバイス、キーボード等の入力部6 5 0を用いて適宜の検者によりスポット重心を削除したい領域が選択されると、それを検出し、領域内のスポット重心の削除を行う。ここで、スポットの重心を削除するには、その削除したいスポット重心が含まれる領域を、上述のスポットの重心検出を行う場合と同様な方法で囲むことができる。

20 図8は、確認修正画面上の実行ボタン「ダミー点」を選択した場合を示す図である。

まず、図8（a）は、「point」モードが選択された状態を示している。ここでは、領域Aにおいてスポットが抽出されていない。このため、測定データ判断部6 0 1は、例えば、ステップS 1 1 1 5で測定データが不適切と判定することになる。また、図8（b）は、「net」モードが選択された状態を示している。ここでは、図8（a）の領域Aにおいてスポットが抽出されていないため、領域A付近の格子の対応付けが間違っている。また、図8（c）では、「number」モードが選択された状態を示している。ここでは、図8（a）の領域Aにおいてスポットが抽出されていないため、各領域A付近のスポットの座標値は領域Aを飛ばして付されている。

ここで、正しい格子点との対応付けをするために、ステップS 1 1 2 3の処理としては、例えば、確認修正画面において実行ボタン「ダミ一点」が選択された場合、第1修正部603は、ポインティングデバイス、キーボード等の入力部650を用いて適宜の検者により収差解析には使用しないダミ一点を追加したい箇所（例えば、領域Aに含まれる点）が選択されると、その箇所にダミ一点を追加する。なお、領域Aにダミ一点が追加されると、各スポットが略均一となり、確認修正画面は、例えば、図5に示した各モードの確認修正画面のようになる。

ここで、再び図3に戻って説明すると、演算部600は、「OK」ボタンが押された後、ステップS 1 1 2 3により追加、削除された修正データに基づいて、再解析を行い（S 1 1 2 5）、解析（波面収差等の眼光学特性の測定）を行う（S 1 1 3 1）。「Cancel」ボタンが押された場合、確認修正モードで変更された事柄については無視し、自動検出されたもとの解析結果を用いる。

演算部600は、ステップS 1 1 3 1での解析を行った後、表示部700に各種表示対象を表示する（S 1 1 3 3）。表示対象としては、例えば、眼底像として重心／格子マップ、角膜像として抽出したケラトリング又はプラチドリング、瞳エッジ、また、波面測定値、前眼部画像、ハルトマン画像、レフ値、波面収差等がある。

つぎに、演算部600は、ステップS 1 1 3 3の表示を行った後、測定を終了するか否かを判定し（S 1 1 3 5）、測定を終了する場合は、測定を終了する。一方、ステップS 1 1 3 5において測定を終了しない場合は、再び、ステップS 1 1 0 1へ戻りアライメント調整が行われる。

#### （第2の実施の形態のフローチャート）

図9は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第2の実施の形態のフローチャートである。なお、上述のフローチャートと重複する処理等については、冗長とならない程度に説明する。また、ここでのフローチャートは、波面収差の演算・表示を行い、その後に、解析結果が適切であったかどうかを判断し、不適切な解析結果の場合には、確認修正画面を表示又は検者の指示により表示し、修正の上、

波面収差を計算し表示を行う処理を示している。

測定が開始されると、まず、被検眼60の位置のアライメント調整が行われる(S1201)。演算部600は、アライメント調整後、オートレフラクトメータによりレフ値の測定を行う(S1203)。演算部600は、ステップS1203の測定に基づき、球面度数、乱視度数、乱視軸角度(S、C、A<sub>x</sub>)等のレフ値を求める(S1205)。演算部600は、第3受光光学系30の第3受光部35により、ケラト像又はプラチドリング像を取得し(S1207)、さらに、第1受光光学系300Aの第1受光部510により、ハルトマン像を取得する(S1209)。

つぎに、演算部600は、解析(波面収差等の光学特性の測定)を行い(S1211)、ステップS1211で検出した解析データを所定回数取得したか否かを判断する(S1213)。なお、解析が終了していなくても所定回数のハルトマン像の取得が行える。所定回数取得していない場合、再びステップS1201に戻りアライメント調整が行われる。一方、ステップS1213で測定データを所定回数取得した場合、演算部600は、ステップS1211の解析結果を表示部700に表示する(S1215)。表示部700には、第1の実施の形態のフローチャートの確認修正モードと同様なハルトマン像と、「point」「net」「number」の表示ボタンのみがある表示も同時に表示される。また、測定結果判断部605は、ステップS1211の解析結果が適切か否かを判定する(S1217)。

測定結果判断部605は、例えば、ステップS1217において、次のいずれか又は組合わせた条件により、解析結果の適否を判定することができる。

- ・波面成分のゼルニケ係数のデフォーカス項( $Z_2^0$ 、後述)の成分がゼロに近い  
か否か?
- ・屈折率の大きな角膜収差と被検眼の波面収差のゼルニケ係数が同じ傾向か否か?
- ・個人カルテ(以前測定されたデータベース内)のデータと比較して同様か?
- ・同一被検眼で今回測定した複数のデータ同士を比較してほぼ同じかどうか?

ここで、ゼルニケ係数の意味について説明すると、例えば、 $Z_0^0$ は定数項、 $Z_1^{-1}$ はチルト項、 $Z_1^1$ はチルト項、 $Z_2^{-2}$ は乱視成分、 $Z_2^0$ は球面度数成分、 $Z_2^2$ は乱視成分、 $Z_3^{-3}$ は矢状収差、 $Z_3^{-1}$ は3次コマ収差、 $Z_3^1$ は3次コマ収差、 $Z_3^3$ は矢状収差、 $Z_4^{-2}$ は3次非点収差、 $Z_4^0$ は3次球面収差、 $Z_4^2$ は3次非点収差、 $Z_5^{-1}$ は5次コマ収差、 $Z_5^1$ は5次コマ収差、 $Z_6^0$ は5次球面収差をそれぞれ意味する。なお、図20、図21にゼルニケ多項式についての説明図(1)及び(2)を示す。

つぎに、ステップS1217で解析結果が適切でない場合、第2修正部607は、表示部700に自動的に確認修正画面を表示し、追加修正モードに移行する(S1221)。その後、第2修正部607は、上述の第1の実施の形態のフローチャートの確認修正モードと同様に、確認修正画面上でスポットに関する追加、削除を行う(S1223)。つぎに、演算部600は、この追加、削除された修正データに基づいて再解析を行う(S1225)。

15

つぎに、演算部600は、ステップS1225の再解析による解析結果を表示部700に表示する(S1215)。なお、演算部600は、ステップS1217で解析結果が適切であっても、適宜の検者が追加修正を希望しているか否かを判定する(S1219)。ステップS1219で検者が追加修正を希望している場合は、第2修正部607は、上述のステップS1221を行う。一方、追加修正を希望していない場合、演算部600は、測定を終了するか否かを判定し(S1227)、測定を終了する場合は、測定を終了する。一方、ステップS1227において測定を終了しない場合は、再び、ステップS1201へ戻りアライメント調整以降の処理が行われる。なお、測定終了後に解析結果を表示部700に表示させたときに再解析を行うこともできる。

25

### (第3の実施の形態のフローチャート)

図10は、眼特性測定装置1000の具体的な測定方法を示す第3の実施の形態のフローチャートである。なお、上述の第1及び第2の実施の形態のフローチャー

トと重複する処理等については、同一符号を付し、機能は同様である。

このフローチャートは、例えば、第1の実施の形態のフローチャートと、第2の実施の形態のフローチャートとを組合わせたものである。具体的には、このフローチャートでは、第1の実施の形態のフローチャートにおけるステップS 1 1 3 1で  
5 解析（波面収差等の眼光学特性の測定）を行い、ステップS 1 1 3 3の表示を行った後、第2の実施の形態のフローチャートにおけるステップS 1 2 1 7～2 2 7の処理を行う。

このフローチャートでは、ステップS 1 1 3 1の解析前に確認修正モードにおいて第1修正部6 0 3よりデータの修正を行い、さらに、ステップS 1 1 3 1の解析  
10 後にも追加修正モードにおいて第2修正部6 0 7によりデータの修正を行うことができる。

なお、上述の確認修正モードでの第1修正部6 0 3による確認修正画面の表示（S 1 1 2 1）、及び／又は、追加修正モードでの第2修正部6 0 7による確認修正画面の表示（S 1 2 2 1）を行う際、集団検診向けモードを実行するようにしてもよい。具体的には、複数の被験者のデータと、このデータから得られた解析（波面収差）結果とを、平均的な（正常な）データ及び解析結果として予めメモリ8 0 0に蓄積し、さらに、集団検診の際、測定データ判断部6 0 1及び／又は測定結果判断部6 0 5は、検診を受けた各個人のデータ及び解析結果と、平均的な（正常な）  
20 データ及び解析結果との比較を行い、不適切な解析結果が得られた場合に再測定のアラームを出すようにしてもよい。

### 3. 眼特性測定装置（I I）

25 図11は、本発明に関する眼特性測定装置1000の電氣的構成を示す電気系ブロック図である。

眼特性測定装置1000に関する電気駆動系は、演算部600と、制御部610と、入力部650と、表示部700と、メモリ800と、第1の駆動部910と、第2の駆動部911と、第3の駆動部912と、第4の駆動部913と、第5の駆

動部 9 1 4 と、第 6 の駆動部 9 1 5 とを備える。演算部 6 0 0 は、例えば、測定結果判断部 6 0 5 と、修正部 6 3 7 と、ピーク抽出部 6 3 1 と、格子点決定部 6 3 3 と、格子点判断部 6 3 5 と、各種眼特性測定を行う測定部とを備える。さらに、入力部 6 5 0 は、表示部 7 0 0 に表示された適宜のボタン、アイコン、位置、領域等を指示するためポインティングデバイス、各種データを入力するためのキーボード等を備える。

また、演算部 6 0 0 には、第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号④と、第 2 受光部 5 2 0 からの第 2 信号⑤と、第 3 受光部 3 5 からの信号⑦と、受光部 5 4 からの信号（1 4）が入力される様に構成されており、演算部 6 0 0 は、第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号④に基づき、被検眼 6 0 の光学特性を求め、第 2 受光部 5 2 0 からの第 2 信号⑤に基づき、球面度数、乱視度数、乱視軸角度の演算及び第 1 照明光学系 2 0 0 A の照明状態を検出する様になっている。また、演算部 6 0 0 は、この演算結果に応じた信号を、電気駆動系の全体の制御を行う制御部 6 1 0 と、表示部 7 0 0（各種の表示例については、後述する。）と、メモリ 8 0 0 とにそれぞれ出力する。なお、演算部 6 0 0 は、例えば、光束の傾き角に対応する第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号に基づき、被検眼 6 0 の光学特性を求める。

ピーク抽出部 6 3 1 は、例えば、第 1 受光部 5 1 0 からの第 1 信号に基づき、スポット像のピーク抽出を行う。また、格子点決定部 6 3 3 は、例えば、ピーク抽出部 6 3 1 により抽出されたスポット像のピークに基づき、水平方向の中心軸付近から、格子点の列番号を決定し、その後、決定された列番号のスポット像位置に基づき行番号を決定することにより、格子点座標を決定する。

格子点判断部 6 3 5 は、例えば、格子点決定部 6 3 3 で決定された格子点が適切かどうかを判断する。さらに、格子点判断部 6 3 5 が、例えば、格子点決定部 6 3 3 で決定された格子点座標が適切でないと判断した場合、格子点決定部 6 3 3 は、先に決定した軸（例えば、水平方向、鉛直方向）の方向と異なる軸方向から格子点を決定しなおす。



演算部 600 は、さらに、格子点決定部 633 で決定された各スポットの格子点座標に基づき、被検眼 60 の波面収差を光学特性として演算する。また、測定結果判断部 605 は、例えば、演算部 600 で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する。また、修正部 637 は、例えば、測定結果判断部 605 が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する。

制御部 610、第 1～第 6 の駆動部 910～915 は、「2. 眼特性測定装置 (I)」で説明した構成及び動作と同様である。

10

(第 1 の実施の形態のフローチャート)

図 12 は、眼特性測定装置 1000 の具体的な測定方法を示す第 1 の実施の形態のフローチャートである。ここでのフローチャートは、ハルトマン像のスポットと格子点座標とを対応させる際、水平方向から格子点座標を決定する自動解析モード  
15 を実行した後、波面収差の演算・表示を行い、その後に、解析結果が適切であったかどうかを判断し、不適切な解析結果の場合には、確認修正画面を表示又は検者の指示により表示し、修正の上、波面収差を計算し表示を行う処理を示している。

測定が開始されると、まず、被検眼 60 の位置のアライメント調整が行われる (S101)。ここでは、例えば、検者の指示に従い、制御部 610 が、演算部 600  
20 からの制御信号に基づいて、所定の駆動部を制御して、アライメントを行い、被検眼 60 と眼特性測定装置 1000 の光学系とを適切な配置とする。

つぎに、演算部 600 は、アライメント調整後、オートレフラクトメータによりレフ値の測定を行う (S103)。演算部 600 は、ステップ S103 の測定に基づき、球面度数、乱視度数、乱視軸角度 (S、C、A<sub>x</sub>) 等のレフ値を求める (S105)。演算部 600 は、ステップ S105 の後、第 3 受光光学系 30 の第 3 受光部 35 により、ケラト像を取得する (S107)。なお、ステップ S107 では、ケラト像を用いたが、その代わりにプラチドリング像を取得するようにしてもよい。  
25 さらに、演算部 600 は、第 1 受光光学系 300A の第 1 受光部 510 により、ハ

ルトマン像を取得する（S 1 0 9）。

ピーク抽出部 6 3 1 は、例えば、ステップ S 1 0 9 で取得したハルトマン像のスポット像の抽出を行う（S 1 1 1）。演算部 6 0 0 は、ケラト像・ハルトマン像の表示を行う（S 1 1 5）。つぎに、格子点決定部 6 3 3 は、解析オプション設定を行うか否かを判定し（S 1 1 7）、解析オプション設定を行う場合、オプション設定（格子点決定軸の選択、ハルトマン像・前眼部像の選択など）を行う（S 1 1 8 - 1）。一方、格子点決定部 6 3 3 は、ステップ S 1 1 7 で解析オプション設定を行わない場合、又は、ステップ S 1 1 8 - 1 のオプション設定の後、再び、格子点の決定を行う（S 1 1 9 - 1：自動解析モード）。なお、このオプション設定は測定を始める前にあらかじめ設定しておくこともできる。

以下、格子点決定部 6 3 3 の自動解析モード（「ハルトマン像」「前眼部像」）の処理（ステップ S 1 1 9 - 1）について説明する。

図 1 3 は、自動解析モード（ハルトマン像）の処理を示すフローチャート（1）である。

まず、格子点決定部 6 3 3 は、自動解析モード（ハルトマン像）に移行すると（S 1 5 1）、格子点決定部 6 3 3 は、解析対象のハルトマン画像の決定を行う（S 1 5 3）。ピーク抽出部 6 3 1 は、解析対象のハルトマン画像のスポット像のピーク（重心）抽出を行う（S 1 5 5）。格子点決定部 6 3 3 は、例えば、ステップ S 1 5 5 で抽出されたスポット像のピークに基づいて、仮中心点の決定を行う（S 1 5 7）。つぎに、格子点決定部 6 3 3 は、例えば、ステップ S 1 1 8 - 1 で行われたオプション設定で選択された格子点決定軸は横方向か否かを判定する（S 1 5 9）。

格子点決定部 6 3 3 は、例えば、ステップ S 1 5 9 で格子点決定軸が横方向である場合、中心軸付近の横方向の格子点の列番号の決定し（S 1 6 1）、その後、中心軸から順に縦方向に行番号を決定する（S 1 6 3）。なお、ステップ S 1 6 1 及び S 1 6 3 の処理は、水平方向を優先した第 1 モードである。一方、格子点決定部 6 3 3 は、例えば、ステップ S 1 5 9 で格子点決定軸が縦方向である場合、中心軸

付近の縦方向の格子点の行番号の決定し（S 1 6 7）、その後、中心軸から順に横方向に列番号を決定する（S 1 6 9）。なお、ステップS 1 6 7及びS 1 6 9の処理は、鉛直方向を優先した第2モードである。つぎに、格子点決定部6 3 3は、例えば、格子点に行番号及び列番号を付した格子点マップを形成し、表示する（S 1 6 5）。なお、第1モード又は第2モードの選択は、ステップS 1 1 7「解析オプション設定？」で「オプション設定有り」を選択し、ステップS 1 1 8-1で入力部6 5 0により「格子点決定軸の選択」の処理を行うことで、可能である。ここでは、例えば、デフォルト値として格子点決定軸は横方向とすることができる。

また、ステップS 1 5 9、S 1 6 7、S 1 6 9を省略してステップS 1 6 1、S 1 6 3による横方向優先の第1モードのみで処理を実行するようにしてもよい。図1 4に、横方向のみの場合の自動解析モードの処理を表すフローチャートを示す。各ステップの動作は、上述の対応するステップの処理と同様である。

図1 5は、格子点に行及び列番号を付す際のスポットを示す図である。

格子点決定部6 3 3は、例えば、ステップS 1 6 1において、中心軸付近の横方向の格子点の列番号を決定する。なお、格子点決定軸が横方向となる場合について説明すると、参照格子点とずれが生じる場合、ハルトマン像のスポット像には、例えば、水平方向の格子間隔は略一定であり、鉛直方向の格子間隔に粗密が生じる傾向がある（図1 5（a））。原因としては、例えば、乱視の傾向として乱視軸角度が垂直に近い直乱視が多いことから、ハルトマン像が縦方向に縮むことが想定される。図1 5（a）は、水平方向の格子点の列番号の決定例を示している。まず、格子点決定部6 3 3は、格子点の対応付けをするときの中心（0, 0）を適当な位置とし、各格子点の水平方向へ列番号を付す。ここでは、（（-5, 0）、…、（0, 0）、…、（5, 0））。なお、格子点決定部6 3 3は、各格子点の横方向へ列番号を付した後、上述のように、ステップS 1 6 3で中心軸から順に縦方向に格子点の行番号を決定する。格子点決定部6 3 3は、例えば、ステップS 1 6 7において、中心軸付近の縦方向の格子点の行番号を決定する。

つぎに、格子点決定軸が縦方向となる場合について説明すると、倒乱視、角膜異常、角膜手術の失敗等による眼は、例えば、水平方向の格子間隔が粗密となること  
がある（図15（b））。図15（b）は、鉛直方向の格子点の行番号の決定例を  
示している。まず、格子点決定部633は、格子点の対応付けをするときの中心（0，  
5 0）を適当な位置とし、各格子点の鉛直方向へ行番号を付す。ここでは、（（0，  
-5）、…、（0，0）、…、（0，5））。なお、格子点決定部633は、各格  
子点の縦方向へ行番号を付した後、上述のように、ステップS169で中心軸から  
順に横方向に格子点の列番号を決定する。

10 ステップS170においては、ステップS165で表示された格子点マップを確認  
して、例えば、選択されている格子点決定軸方向でのスポット像の間隔が不揃い  
であるような場合など、格子点決定軸を変更した方が良いと判断した場合には、ス  
テップS171へ進む。具体的には、測定結果判断部605が、得られたスポット  
15 像に基づき、例えば、次のいずれか又は組合わせた条件により格子点マップの適否  
を判定することができる。

- ・ スポット像の全体的な密度が所定値以上か否か？
- ・ 抽出スポットの数が所定数以上か否か？
- ・ スポット像のレベルが所定レベル以上か否か？

20 ステップS171では、現在設定されている格子点決定軸を変更し、すなわち縦  
方向に設定されている場合には、横方向に、逆に縦方向に設定されていた場合には、  
横方向に変更し、ステップS159に進み、変更された格子点決定軸に従って格子  
点マップが新たに形成される。ステップS170で格子点決定軸を変更する必要が  
ないと判断した場合には、自動解析モードが終了し、ステップS121に進む。

25

ここで、再び図12に戻って説明すると、演算部600は、解析（波面収差等の  
光学特性の測定）を行い（S121）、ステップS121で検出した測定データを  
所定回数取得したか否かを判断する（S123）。所定回数取得していない場合、  
再びステップS101に戻りアライメント調整以降の処理が行われる。一方、ステ

ステップS 1 2 3で測定データを所定回数取得した場合、演算部6 0 0は、ステップS 1 2 1による各種表示対象の解析結果を表示部7 0 0に表示する(S 1 2 5)。表示対象としては、例えば、上述の処理で算出された、眼底像として重心／格子マップ、角膜像として抽出したケラトリング又はプラチドリング、瞳エッジ、また、波面測定値、前眼部画像、ハルトマン画像、レフ値、波面収差等がある。また、測定結果判断部6 0 5は、ステップS 1 2 1の解析結果が適切か否かを判定する(S 1 2 7)。

測定結果判断部6 0 5は、例えば、ステップS 1 2 7において、次のいずれか又はは組合わせた条件により、解析結果の適否を判定することができる。

- ・波面成分のゼルニケ係数のデフォーカス項( $Z_2^0$ 、後述)の成分がゼロに近い  
か否か？
- ・屈折率の大きな角膜収差と被検眼の波面収差のゼルニケ係数が同じ傾向か否か？
- ・個人カルテ(以前測定されたデータベース内)のデータと比較して同様か？
- ・同一被検眼で今回測定した複数のデータ同士を比較して同じかどうか？

つぎに、ステップS 1 2 7で解析結果が適切でない場合、修正部6 3 7は、表示部7 0 0に自動的に確認修正画面を表示し、追加修正モードに移行する(S 1 3 1)。

ここで、追加修正モードについて説明する。なお、後述する「number」モードに付された格子点の座標値は、上述のステップS 1 1 9により決定された格子点の行及び列番号である。

上述の図4は、確認修正画面の表示例を示す図である。

つぎに、確認修正画面において、検者の指示に従い、これらのモード選択ボタン(「point」「net」「number」)がそれぞれ選択された場合について具体的に示す。

上述の図5は、モード選択ボタンがそれぞれ選択された場合の確認修正画面を示す図である。

ここで、再び図 1 2 に戻って説明すると、修正部 6 3 7 は、確認修正画面上でスポットに関する追加、削除を行う（S 1 3 3）。以下、ステップ S 1 3 3 について説明する。

5 上述の図 6 は、確認修正画面上の実行ボタン「スポットの重心検出」を選択した場合を示す図である。

ステップ S 1 3 3 の処理としては、例えば、確認修正画面において実行ボタン「スポットの重心検出」が選択された場合、修正部 6 3 7 は、ポインティングデバイス、キーボード等の入力部 6 5 0 を用いて適宜の検者によりスポット重心を追加したい領域が選択されると、スポット重心検出を行う。スポット重心を追加したい領域を囲うには、例えば、矩形、もしくは楕円等の対角線上にマウスポインタを動かすようにする、もしくは自由曲線で囲う等が挙げられる。

15 なお、スポットの重心検出では、全スポットを含む領域において、スポットを抽出する際の光量レベルの閾値を変更することで重心検出を行うことができる。例えば、スポットの重心検出では、例えば、各スポットのぼけが含まれる領域を矩形、もしくは楕円等で囲み、全体のシェーディングも考慮し、例えば、シェーディング背景、ノイズ成分を除去すること等により、スポットの重心検出を行うことができる（シェーディング補正）。重心検出はこの場合は領域ごとに 1 点としているが、領域内に複数点検出するような設定にすることも可能である。

20

上述の図 7 は、確認修正画面上の実行ボタン「点の消去」を選択した場合を示す図である。

ステップ S 1 3 3 の処理としては、例えば、確認修正画面において実行ボタン「点の消去」が選択された場合、修正部 6 3 7 は、ポインティングデバイス、キーボード等の入力部 6 5 0 を用いて適宜の検者によりスポット重心を削除したい領域が  
25 選択されると、それを検出し、領域内のスポット重心の削除を行う。ここで、スポットの重心を削除するには、その削除したいスポット重心が含まれる領域を、上述のスポットの重心検出を行う場合と同様な方法で囲むことができる。

上述の図 8 は、確認修正画面上の実行ボタン「ダミ一点」を選択した場合を示す図である。

まず、図 8 (a) は、「point」モードが選択された状態を示している。ここでは、領域 A においてスポットが抽出されていない。このため、測定結果判断部 605 は、例えば、ステップ S 127 で解析結果が不適切と判定することになる。また、図 8 (b) は、「net」モードが選択された状態を示している。ここでは、図 8 (a) の領域 A においてスポットが抽出されていないため、領域 A 付近の格子の対応付けが間違っている。また、図 8 (c) では、「number」モードが選択された状態を示している。ここでは、図 8 (a) の領域 A においてスポットが抽出されていないため、各領域 A 付近のスポットの座標値は領域 A を飛ばして付されている。

ここで、正しい格子点との対応付けをするためにステップ S 133 の処理としては、例えば、確認修正画面において実行ボタン「ダミ一点」が選択された場合、修正部 637 は、ポインティングデバイス、キーボード等の入力部 650 を用いて適宜の検者により、収差解析には使用しないダミ一点を追加したい箇所（例えば、領域 A に含まれる点）が選択されると、その箇所にダミ一点を追加する。なお、領域 A にダミ一点が追加されると、各スポットが略均一となり、確認修正画面は、例えば、図 5 に示した各モードの確認修正画面のようになる。

ここで、再び図 12 に戻って説明すると、演算部 600 は、「OK」ボタンが押された後、ステップ S 133 により追加、削除された修正データに基づいて、再解析を行う (S 135)。

つぎに、演算部 600 は、ステップ S 135 の再解析による解析結果を表示部 700 に表示する (S 125)。なお、演算部 600 は、ステップ S 127 で解析結果が適切であっても、適宜の検者が追加修正を希望しているか否かを判定する (S 129)。ステップ S 129 で検者が追加修正を希望している場合は、修正部 637 は、上述のステップ S 131 を行う。一方、追加修正を希望していない場合、演

算部 600 は、測定を終了するか否かを判定し (S 137)、測定を終了する場合は、測定を終了する。一方、ステップ S 137 において測定を終了しない場合は、再び、ステップ S 101 へ戻りアライメント調整以降の処理が行われる。

5       ここで、ステップ S 118-1 のオプション設定についてさらに説明すると、上述のように、格子点決定部 633 は、格子点の修正に関する処理を指示する入力部 650 の指示に従い、格子点決定軸の変更を行う（ここでは、横軸を縦軸へ変更する）ことの他に、次のようなオプションを設定できる。すなわち、自動解析モードを上述ではハルトマン像に関して処理したが、前眼部像（ケラト像又はプラチドリ  
10       ング等）に関して処理することができる（「ハルトマン像、前眼部線の選択」）。このモードが設定されると、図 13 で詳細に示したステップ S 119-1 の代わりに次のようなフローチャートが実行される。このフローチャートでは、格子点の代わりにプラチドリリング像から得られるリング番号が決定される。

15       図 16 は、自動解析モード（前眼部像）の処理を示すフローチャートである。  
      まず、格子点決定部 633 は、自動解析モード（前眼部像）に移行すると (S 171)、格子点決定部 633 は、例えば、解析対象の前眼部画像の決定を行う (S 173)。ピーク抽出部 631 は、解析対象の前眼部画像のプラチドリリング像の（重  
20       心）抽出を行う (S 175)。格子点決定部 633 は、例えば、ステップ S 175 で抽出されたプラチドリリング像の重心に基づいて、中心点の決定を行う (S 177)。  
      つぎに、格子点決定部 633 は、ステップ S 177 で決定された中心点に基づいて、プラチドリリング像のリング番号の決定を行う (S 179)。格子点決定部 633 は、瞳エッジを抽出し (S 181)、瞳中心、近似した楕円を算出する (S 183)。さらに、格子点決定部 633 は、ケラトリリングマップ又はプラチドリリングマ  
25       ップ、瞳エッジマップを形成する (S 185)。

図 17 に、プラチドリリングマップ、瞳エッジマップの説明図を示す。

ここでは、瞳エッジマップとして、例えば、複数の瞳エッジ点 301 を含む瞳エッジ 302 が示され、さらに、プラチドリリングマップとして、例えば、複数のリン



グ 3 0 3 が示されている。なお、それぞれのリング 3 0 3 には、リング番号（ここでは、0、1、2、3、4、5）が付されている。

前眼部像に関する処理が設定されると、ステップ S 1 3 1 ~ S 1 3 3 の処理の代わりに、次のような修正（追加、削除等）処理が必要に応じて実行される。例えば、

- 5 格子点決定部 6 3 3 は、入力部 6 5 0 の指示に従い、ステップ S 1 8 1 で抽出された瞳エッジ点を修正する場合、瞳エッジ点の追加、削除を行う。また、格子点決定部 6 3 3 は、ステップ S 1 7 5 で抽出されたプラチドリング重心点を修正する場合、プラチドリング重心点の追加、削除を行う。また、格子点決定部 6 3 3 は、ステップ S 1 7 9 で決定されたリング番号を変更する場合、リング番号の変更を行う。

10

（第 2 の実施の形態のフローチャート）

図 1 8 は、眼特性測定装置 1 0 0 0 の具体的な測定方法を示す第 2 の実施の形態のフローチャートである。なお、上述の第 1 の実施の形態のフローチャートと重複する処理等については、同一符号を付し、機能は同様である。

- 15 ここでのフローチャートは、ハルトマン像のスポットと格子点とを対応させる際、格子点の決定する方向を変更可能（例えば、水平方向から垂直方向への変更）である処理を示している。その他の処理は上述のフローチャートと重複する。

- このフローチャートでは、第 1 の実施の形態のフローチャートにおける自動解析  
20 モードに含まれる処理（ステップ S 1 1 8 - 1、S 1 1 9 - 1）の代わりに、ステップ S 1 1 8 - 2、S 1 1 9 - 2 の処理を行う。ステップ S 1 1 8 - 2 では、格子点決定軸の選択は行わずに、ハルトマン像又は前眼部像の選択を行うことができる。以下、特に、格子点決定部 6 3 3 の自動解析モード（「ハルトマン像」）の処理について説明する。なお、自動解析モード（前眼部像）が選択された場合、その処理  
25 は、第 1 の実施の形態における説明、例えば、図 1 6 のフローチャート（S 1 7 1 ~ S 1 8 5）及びその説明と同様である。

自動解析モード（ステップ S 1 1 9 - 2）の処理概要は、まず、ステップ S 1 1 5 によるケラト像・ハルトマン像の表示に関して、格子点判断部 6 3 5 は、例えば、

格子点が適切に抽出されたか否かを判定する。つぎに、格子点決定部633は、例えば、格子点が適切に抽出されなかった場合、格子点決定軸の順序の変更の後、再び、格子点を決定する。一方、格子点が適切に抽出された場合、格子点決定部633は、格子点を決定する。

5

図19は、自動解析モード（ハルトマン像）の処理を示すフローチャート（2）である。

まず、格子点決定部633は、自動解析モード（ハルトマン像）に移行すると（S251）、格子点決定部633は、解析対象のハルトマン画像の決定を行う（S253）。ピーク抽出部631は、決定されたハルトマン画像のピーク（重心）抽出を行う（S255）。つぎに、格子点決定部633は、仮中心点の決定を行い（S257）、中心軸付近の横方向の格子点の列番号の決定し（S259）、その後、中心軸から順に縦方向に行番号を決定する（S261）。なお、ステップS259及びS261の処理は、水平方向を優先した第1モードである。

15

つぎに、格子点決定部633は、決定された格子点の行及び列番号に基づいて、格子点マップを形成する（S263）。ここで、格子点判断部635は、ステップS263で形成された格子点マップが適切か否かを判定する（S265）。格子点判断部635は、例えば、ステップS265において、次のいずれか又は組合わせた条件により、格子点マップの適否を判定することができる。

20

- ・ スポット像の全体的な密度が所定値以上か否か？
- ・ 抽出スポットの数が所定数以上か否か？
- ・ スポット像のレベルが所定レベル以上か否か？

25

格子点決定部633は、格子点マップが適切であれば、自動解析モードを終了する。一方、ステップS265で形成された格子点マップが適切でない場合、格子点決定部633は、このとき横方向の格子点の列番号より縦方向に行番号を先に決定したかどうか判定する（S266）。もし、まだ縦方向の行番号から決定していなければ、中心軸付近の縦方向の行番号を決定し（S267）、その後、中心軸から

順に横方向に行番号を決定する（S 2 6 9）。さらに、格子点決定部 6 3 3 は、決定された格子点の行及び列番号に基づいて、再び、格子点マップを形成する。なお、ステップ S 2 6 7 及び S 2 6 9 の処理は、鉛直方向を次優先した第 2 モードである。もし、すでに行番号を先に決定していれば、列番号から決定しなおし（S 2 7 1）、次に縦方向に行番号を決定する（S 2 7 3）。もし、メモリに列番号から決定しなおしたデータが残っていれば、S 2 7 1、S 2 7 3 の過程を省き、メモリに残った列番号から決定した格子点のデータを使用することもできる。また、縦方向に行番号をふることを優先させる場合、S 2 7 1、S 2 7 3 の過程を省くこともできる。そして、自動解析モードを終了する。

このフローチャートでは、格子点マップを第 1 モードで形成した後、格子点マップが適切でない場合、自動的に第 2 モードで格子点マップを形成することになる。なお、第 2 モードの後、第 1 モードを実行して格子点マップを形成するようにしてもよい。

なお、上述の追加修正モードでの修正部 6 3 7 による確認修正画面の表示（S 1 2 5）を行う際、集団検診向けモードを実行するようにしてもよい。具体的には、複数の被験者のデータと、このデータから得られた解析（波面収差）結果とを、平均的な（正常な）データ及び解析結果として予めメモリ 8 0 0 に蓄積し、さらに、集団検診の際、測定結果判断部 6 0 5 は、検診を受けた各個人のデータ及び解析結果と、平均的な（正常な）データ及び解析結果との比較を行い、不適切な解析結果が得られた場合に再測定のアラームを出すようにしてもよい。

## 産業上の利用可能性

本発明によると、以上説明した通り、被検眼の状態に係らず、被検眼の波面収差をより効率的に適切に測定し表示を行うことができる。また、本発明によると、波面収差の測定前及び／又は測定後において、効率的な手順で修正作業を行い再び波面収差の測定を行うことができる。

また、本発明によると、ハルトマン像のスポット像と格子点座標とを対応付けて、照明状態を適切にすることができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 第1波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明  
5 光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第1反射光束の一部を、該第1反射光束を少なくとも実質的に17本のビームに変換する第1変換部材を介して受光するように導く第1受光光学系と、

上記第1受光光学系の受光光束を受光し、第1信号を形成する第1受光部と、

10 上記第1受光部からの第1信号に基づき、波面収差を求めるのに適切な測定データかどうかを判断する測定データ判断部と、

上記測定データ判断部が適切な測定データでないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第1修正部と、

上記測定データ判断部が適切な測定データと判断した測定データ又は上記第1  
15 修正部が修正した測定データに基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置。

20 2. 上記測定データ判断部は、ハルトマン像におけるスポット像の密度及び／又は抽出されたスポット像の数に基づき測定データの適否を判断するようにした請求項1に記載の眼特性測定装置。

3. 第1波長の光束を発する光源部と、

25 上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第1反射光束の一部を、該第1反射光束を少なくとも実質的に17本のビームに変換する第1変換部材を介して受光するよう

に導く第1受光光学系と、

上記第1受光光学系の受光光束を受光し、第1信号を形成する第1受光部と、

上記第1受光部からの第1信号の測定データに基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

5 上記演算部で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する測定結果判断部と、

上記測定結果判断部が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第2修正部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と

10 を備えた眼特性測定装置。

4. 上記測定結果判断部は、波面成分のデフォーカス項の成分がゼロに近いか、角膜と波面のゼルニケ係数が同じ傾向か、被検眼の測定データを予め記憶したデータベース内の測定データと今回測定した測定データとを比較して両者が略同一か、  
15 同一被検眼で測定した複数の測定データ同士を比較して両者が略同一か、のいずれか1つ又は複数の組合わせによる条件に基づき、測定結果の適否を判断するようにした請求項3に記載の眼特性測定装置。

5. 第1波長の光束を発する光源部と、

20 上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第1反射光束の一部を、該第1反射光束を少なくとも実質的に17本のビームに変換する第1変換部材を介して受光するように導く第1受光光学系と、

25 上記第1受光光学系の受光光束を受光し、第1信号を形成する第1受光部と、

上記第1受光部からの第1信号に基づき、波面収差を求めるのに適切な測定データかどうかを判断する測定データ判断部と、

上記測定データ判断部が適切な測定データでないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第1修正部と、

上記測定データ判断部が適切な測定データと判断した測定データ又は上記第1修正部が修正した測定データに基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

5 上記演算部で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する測定結果判断部と、

上記測定結果判断部が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する第2修正部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部とを備えた眼特性測定装置。

10

6. 上記測定データ判断部は、ハルトマン像におけるスポット像の密度及び／又は抽出されたスポット像の数に基づき測定データの適否を判断し、

15 上記測定結果判断部は、波面成分のデフォーカス項の成分がゼロに近いか、角膜と波面のゼルニケ係数が同じ傾向か、被検眼の測定データを予め記憶したデータベース内の測定データと今回測定した測定データとを比較して両者が略同一か、同一被検眼で測定した複数の測定データ同士を比較して両者が略同一か、のいずれか1つ又は複数の組合わせによる条件に基づき、測定結果の適否を判断するようにした請求項5に記載の眼特性測定装置。

20 7. 表示モードを指示するための入力部をさらに備え、

上記表示部は、上記入力部の指示に従い、上記第1受光部より取得したスポットの重心を表示する第1モード、該スポット同士を格子状に結んだ状態を表示する第2モード、各スポットに座標値を付した状態を表示する第3モード、のいずれか又は複数組合わせたモードで測定データを表示するようにした請求項1、3又は5の  
25 いずれかに記載の眼特性測定装置。

8. スポットの修正に関する処理を指示する入力部をさらに備え、

上記第1又は第2修正部は、上記入力部の指示に従い、確認修正画面上の領域において、その領域内のスポットの重心を検出し、上記演算部による演算に用いるた

めにスポットの重心を追加するようにした請求項 1、3 又は 5 のいずれかに記載の眼特性測定装置。

9. スポットの修正に関する処理を指示する入力部をさらに備え、

- 5 上記第 1 又は第 2 修正部は、上記入力部の指示に従い、確認修正画面上のスポットの重心を削除し、削除されたスポットの重心を上記演算部による被検眼の波面収差の演算に用いないようにした請求項 1、3 又は 5 のいずれかに記載の眼特性測定装置。

- 10 10. スポットの修正に関する処理を指示する入力部をさらに備え、

上記第 1 又は第 2 修正部は、上記入力部の指示に従い、確認修正画面上に、上記演算部による演算に用いるために、スポットの重心となるダミ一点を追加するようにした請求項 1、3 又は 5 のいずれかに記載の眼特性測定装置。

- 15 11. 第 1 波長の光束を発する光源部と、

上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第 1 照明光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第 1 反射光束の一部を、該第 1 反射光束を少なくとも実質的に 17 本のビームに変換する第 1 変換部材を介して受光するように導く第 1 受光光学系と、

- 20 上記第 1 受光光学系の受光光束を受光し、第 1 信号を形成する第 1 受光部と、  
上記第 1 受光部からの第 1 信号に基づき、スポット像のピークを抽出するピーク抽出部と、

- 上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像のピークに基づき、水平方向の中心軸付近から、格子点の列番号を決定し、その後、決定された列番号のスポット像位置に基づき行番号を決定する第 1 モードにより、格子点を決定する格子点決定部と、

上記格子点決定部で決定された格子点に基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、



上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置。

1 2. 格子点を決定するモードを指示するための入力部をさらに備え、

5 上記格子点決定部は、上記入力部の指示に従い、上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像のピークに基づき、鉛直方向の中心軸付近から、格子点の行番号を決定し、その後、決定された行番号のスポット像位置に基づき列番号を決定する第2モードにより、格子点を決定するようにした請求項11に記載の眼特性測定装置。

10 1 3. 上記表示部は、さらに、上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像又は格子点マップを表示することを特徴とする請求項11に記載の眼特性測定装置。

1 4. 第1波長の光束を発する光源部と、

15 上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、

被検眼網膜から反射して戻ってくる第1反射光束の一部を、該第1反射光束を少なくとも実質的に17本のビームに変換する第1変換部材を介して受光するように導く第1受光光学系と、

上記第1受光光学系の受光光束を受光し、第1信号を形成する第1受光部と、

20 上記第1受光部からの第1信号に基づき、スポット像のピークを抽出するピーク抽出部と、

上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像のピークに基づき、一の軸付近から、格子点の行番号又は列番号の一方を決定し、その後、決定された一方の番号から他方の列番号又は行番号を、そのスポット像位置に基づき決定する格子点決定部  
25 と、

上記格子点決定部で決定された格子点に基づき、被検眼の波面収差を光学特性として演算する演算部と、

上記演算部の演算結果である波面収差を表示する表示部と  
を備えた眼特性測定装置。

15. 上記格子点決定部は、上記ピーク抽出部により抽出されたスポット像のピークに基づき、水平方向の軸付近から、格子点の列番号を決定し、その後、決定された列番号のスポット像位置に基づき、行番号を決定するようにした請求項 14 に記載の眼特性測定装置。

16. 上記格子点決定部で決定された格子点座標が適切かどうかを判断する格子点判断部をさらに備え、

上記格子点判断部が、上記格子点決定部で決定された格子点座標が適切でないと判断した場合、格子点決定部は、先に決定した軸の方向と異なる軸方向から格子点を決定しなおすようにした請求項 14 に記載の眼特性測定装置。

17. 上記格子点判断部は、ハルトマン像におけるスポット像の密度及び／又は抽出されたスポット像の数に基づき測定データの適否を判断するようにした請求項 16 に記載の眼特性測定装置。

18. 上記演算部で求められた波面収差が適切であるかどうかを判断する測定結果判断部と、

上記測定結果判断部が適切な測定結果でないと判断したときに、確認修正画面を表示させ適切な測定データに修正する修正部とをさらに備えた請求項 11 又は 14 に記載の眼特性測定装置。

19. 上記測定結果判断部は、波面成分のデフォーカス項の成分がゼロに近いか、角膜と波面のゼルニケ係数が同じ傾向か、被検眼の測定データを予め記憶したデータベース内の測定データと今回測定した測定データとを比較して両者が略同一か、同一被検眼で測定した複数の測定データ同士を比較して両者が略同一か、のいずれか 1 つ又は複数の組合わせによる条件に基づき、測定結果の適否を判断するようにした請求項 18 に記載の眼特性測定装置。

20. スポットの修正に関する処理を指示する入力部をさらに備え、

上記修正部は、上記入力部の指示に従い、確認修正画面上に、上記演算部による演算に用いるために、上記ピーク抽出部により抽出されていない格子点を、スポットの重心となるダミ一点として追加するようにした請求項 18 に記載の眼特性測定装置。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1 / 2 1

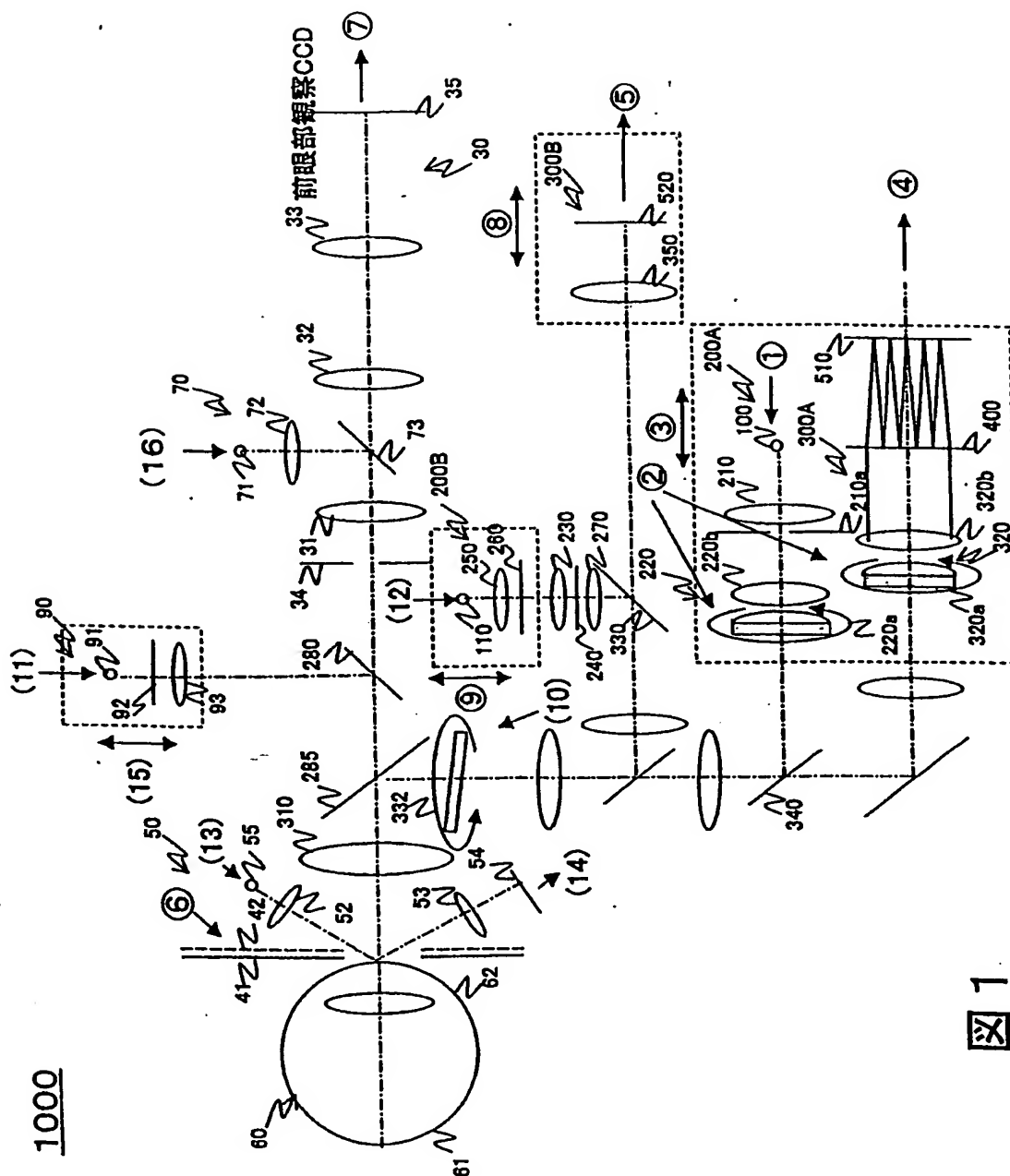


図 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2 / 2 1

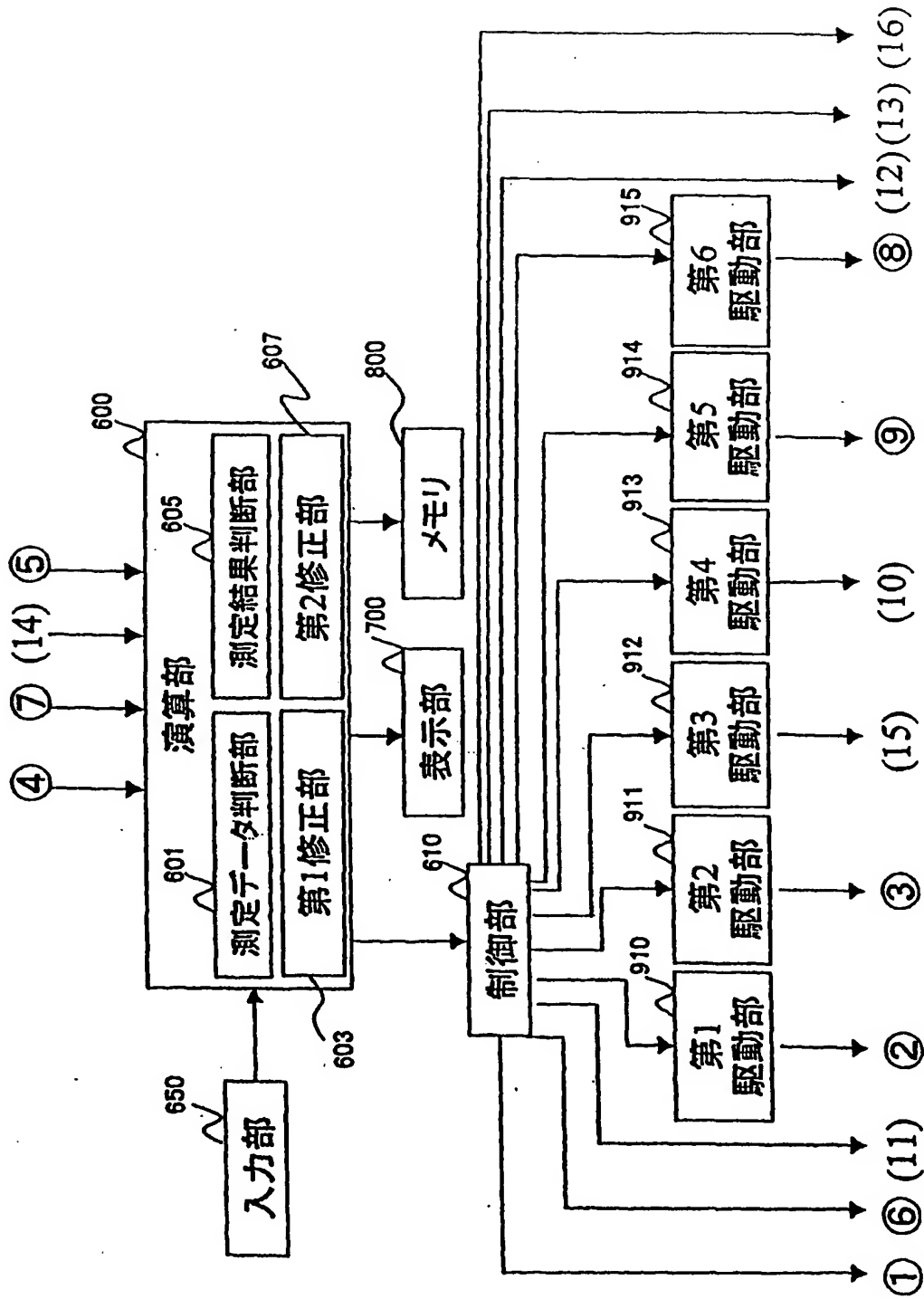


図 2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



3 / 2 1

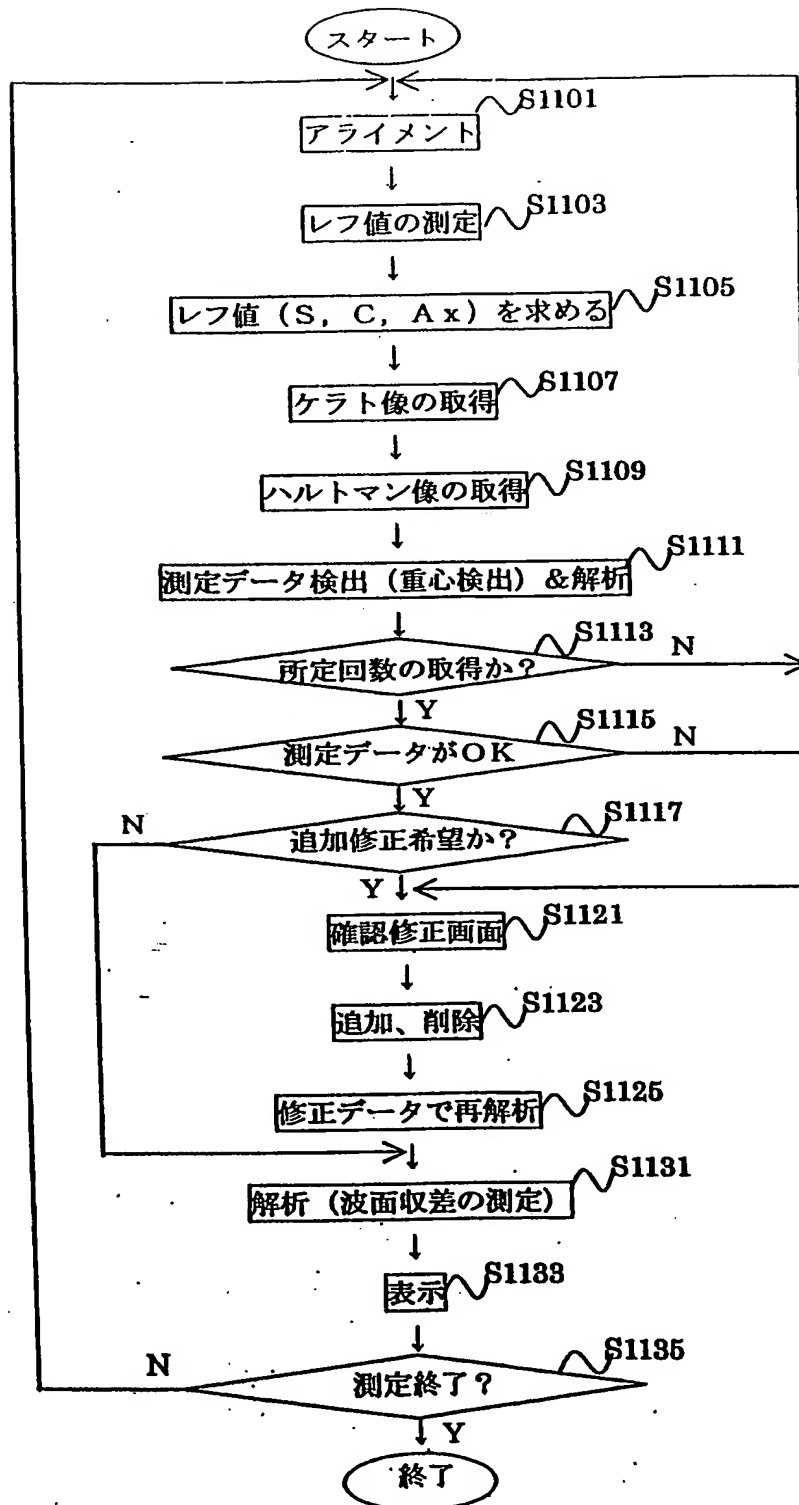


図 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

4 / 2 1

スポットの重心検出

点の消去

ダミー点

☐ point

☐ net

☐ number

cancel OK

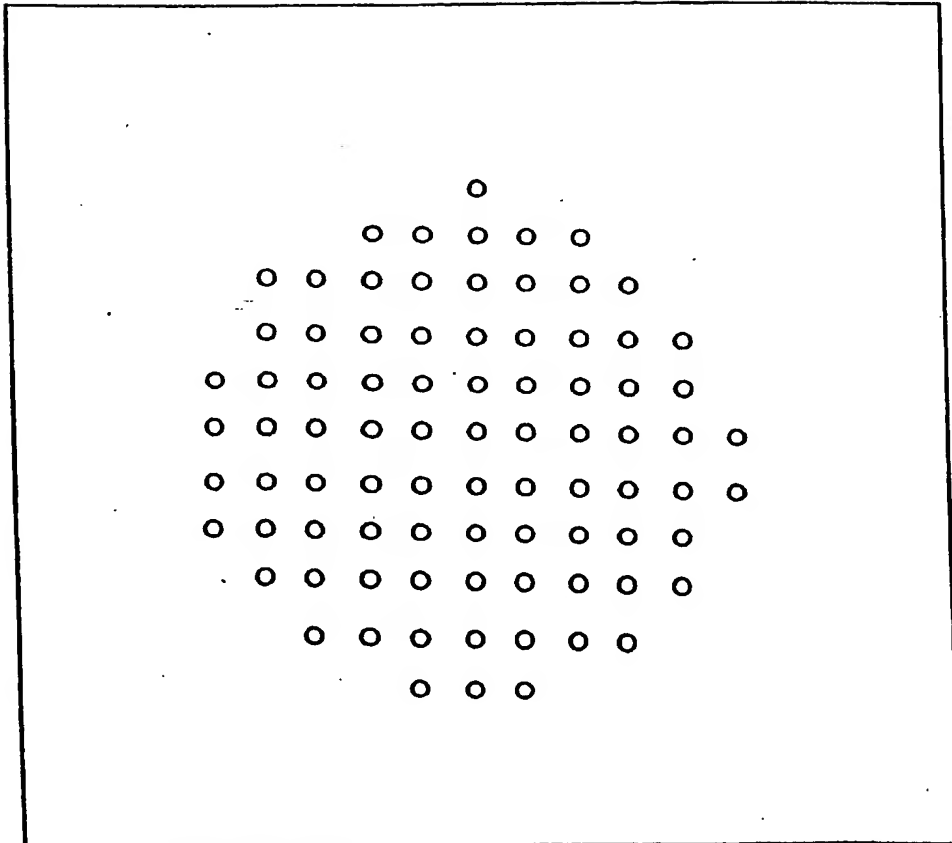
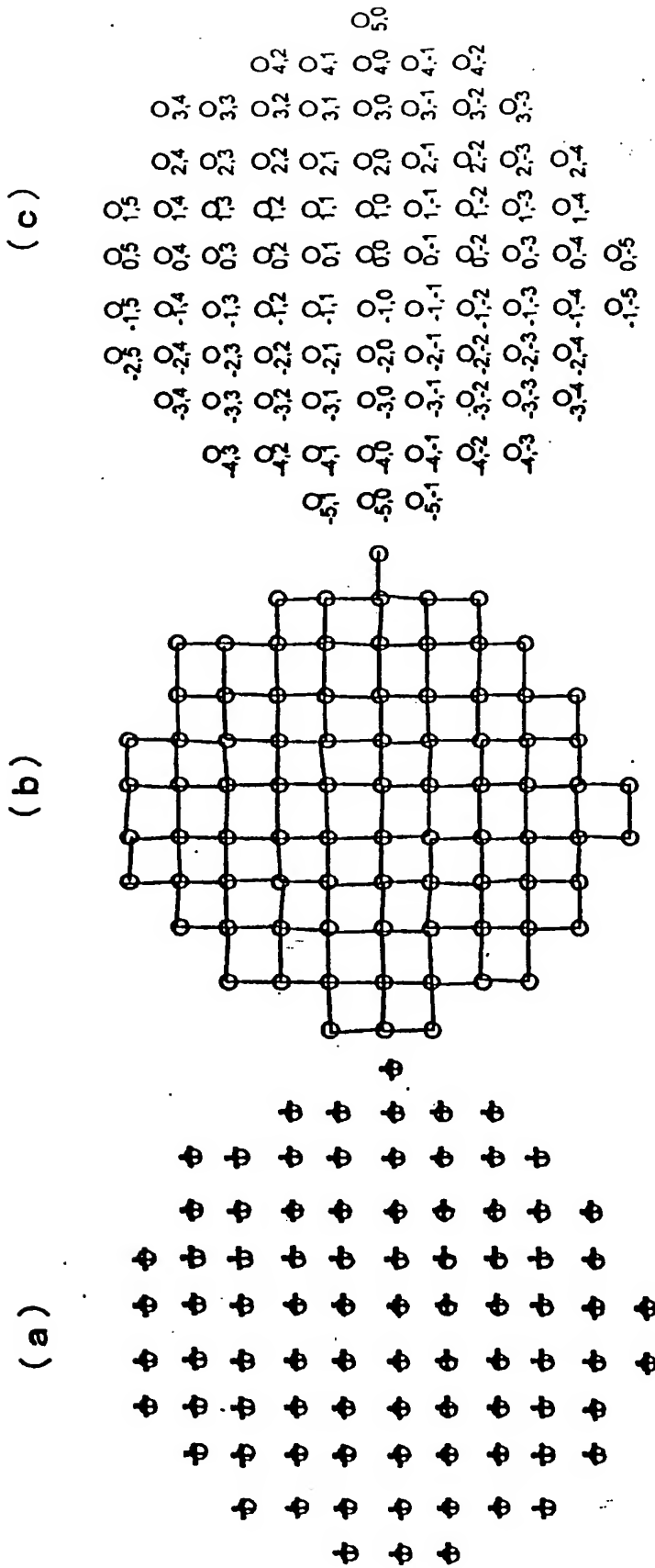


図 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

5 / 2 1



○ point  
○ net  
⊙ number

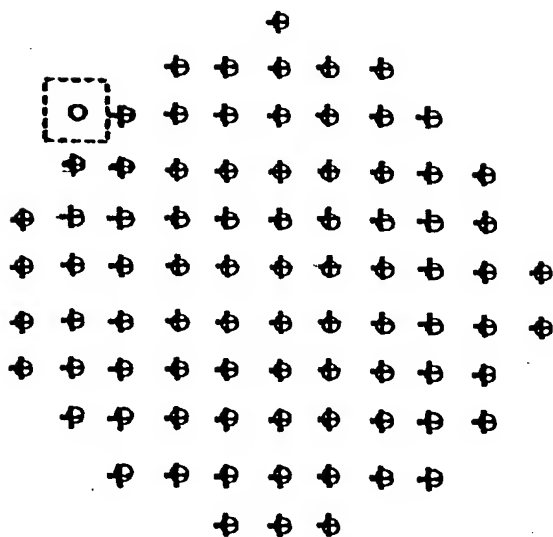
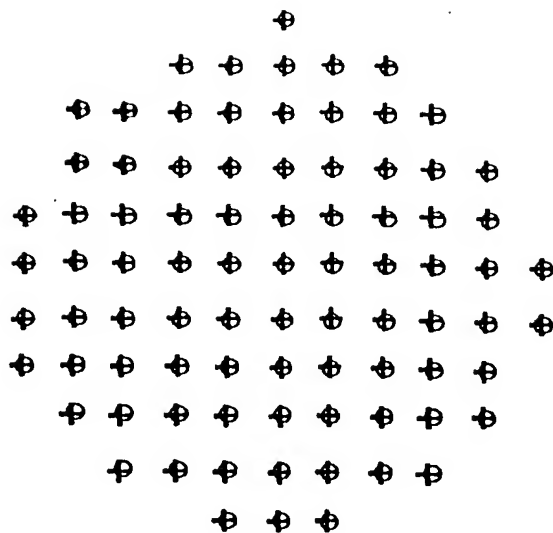
○ point  
⊙ net  
○ number

⊙ point  
○ net  
○ number

図 5

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

6 / 2 1



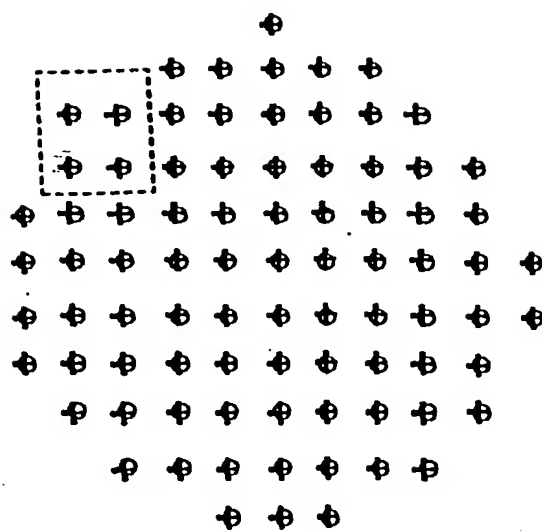
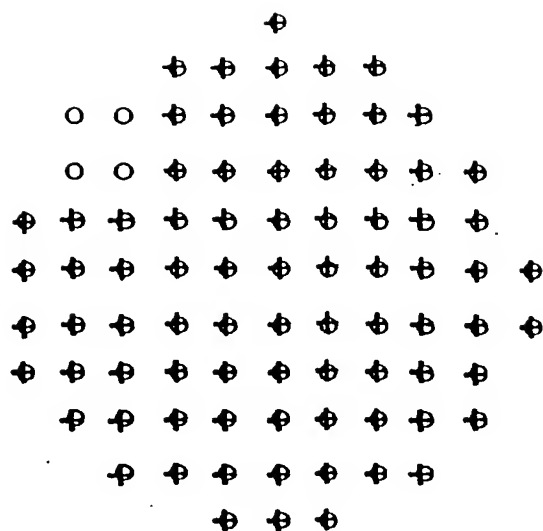
スポットの  
重心検出

6  
X

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



7 / 2 1



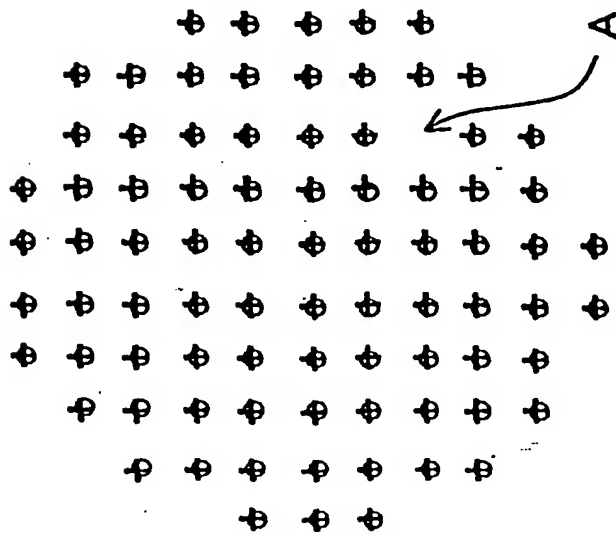
点の消去

7  
図

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

8 / 2 1

(a)

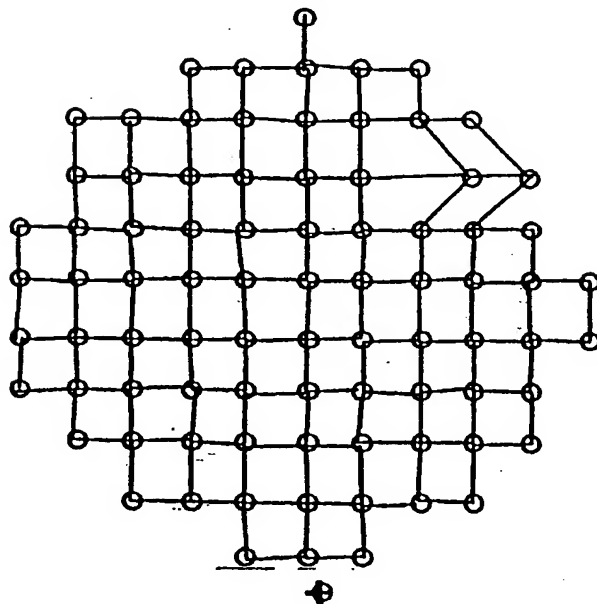


⊙ point

⊙ net

⊙ number

(b)



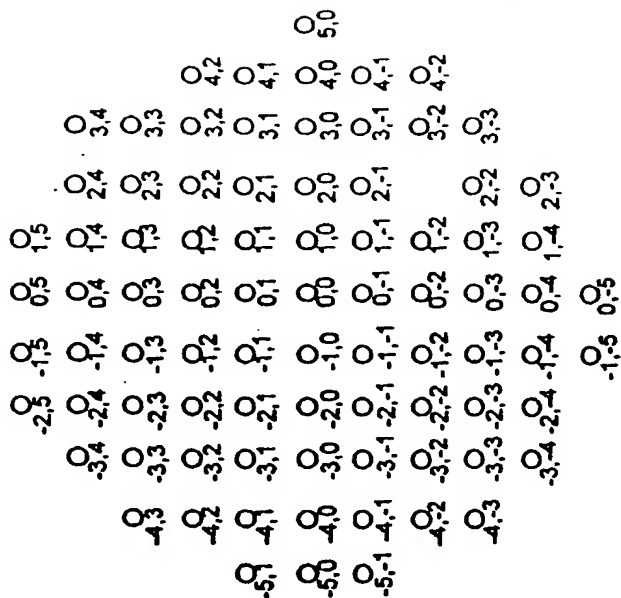
⊙ point

⊙ net

⊙ number

⊙ 8

(c)



⊙ point

⊙ net

⊙ number

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

9 / 2 1

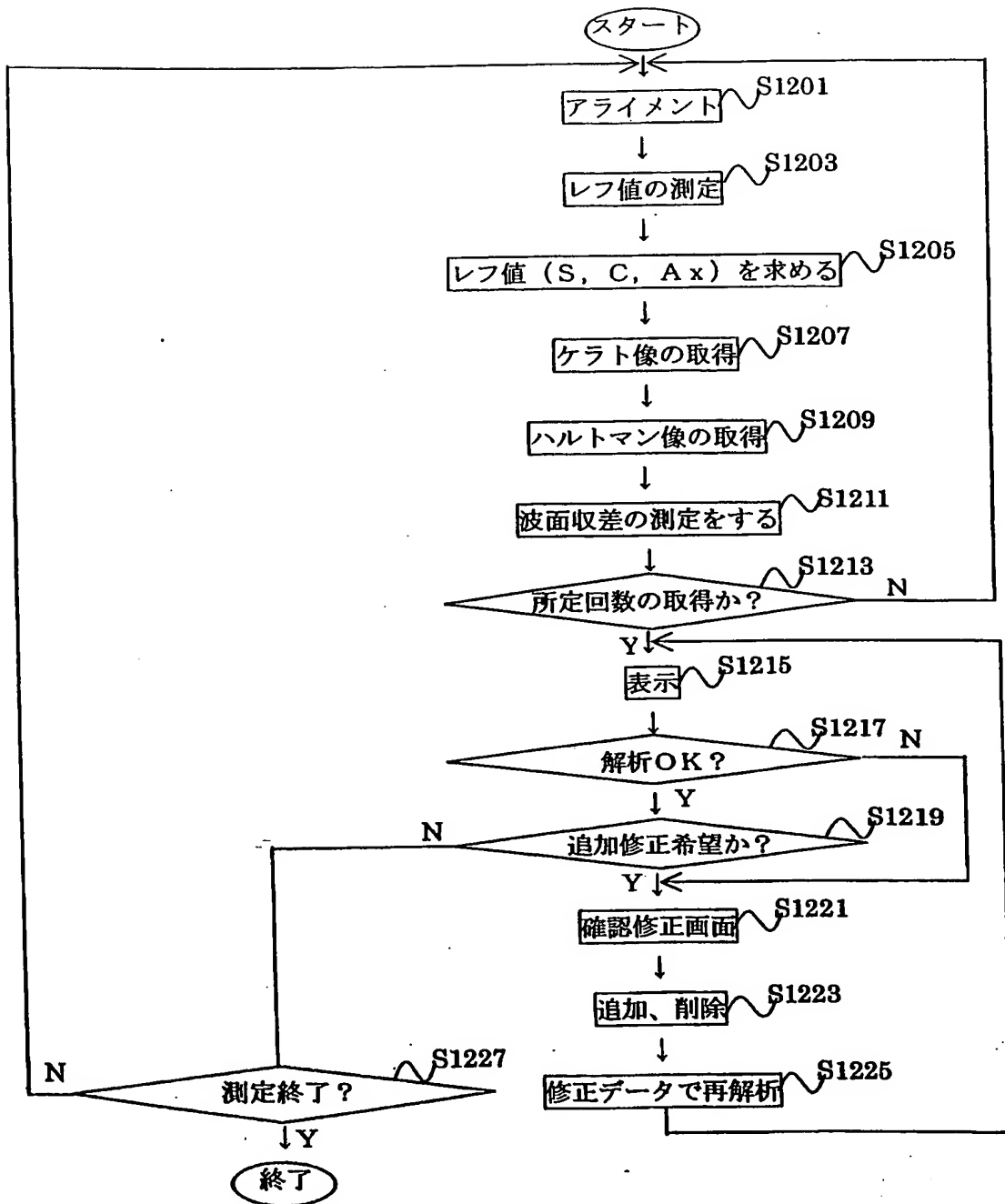


図 9

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

10 / 21

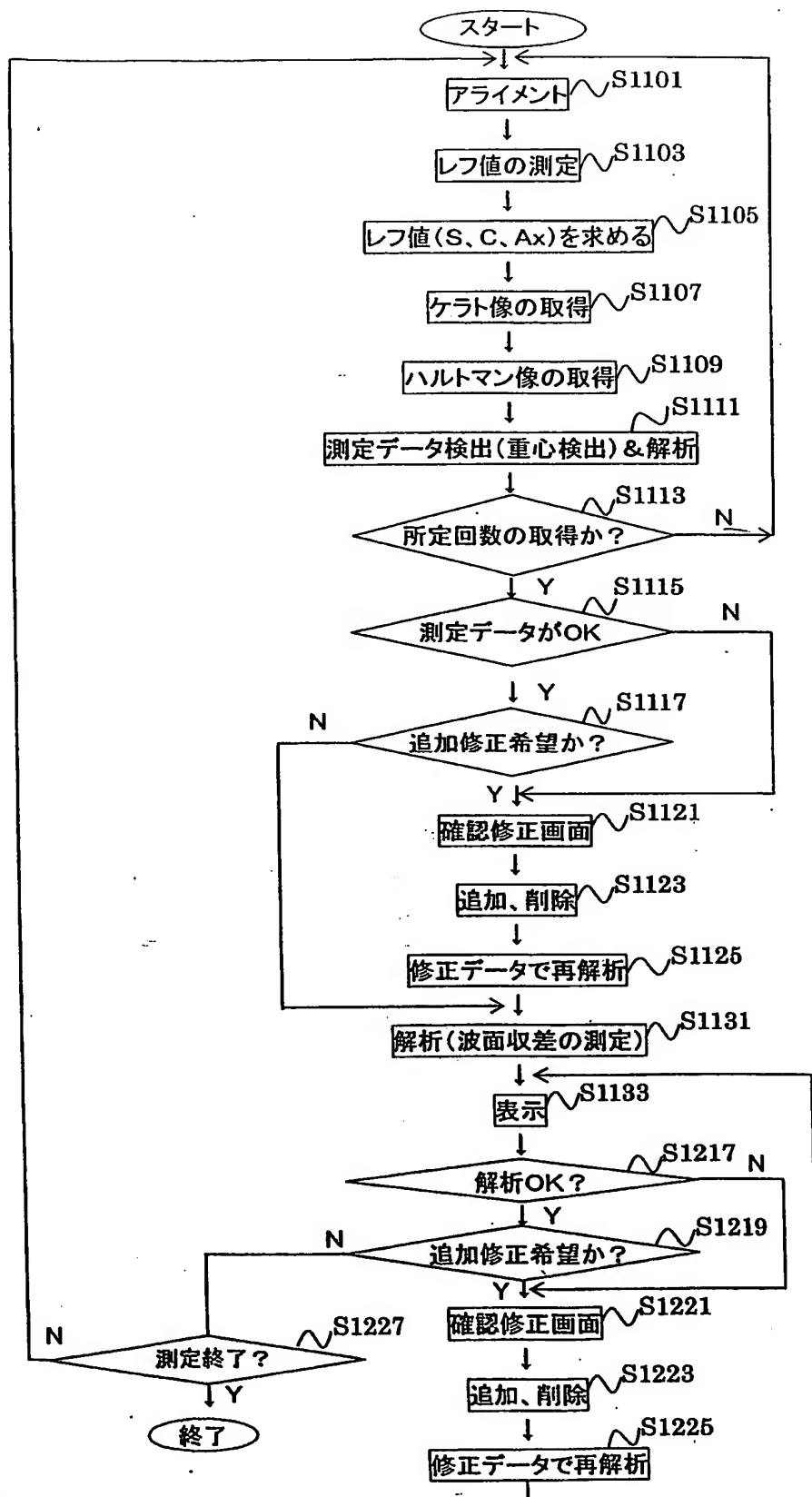


図 10

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



1 1 / 2 1

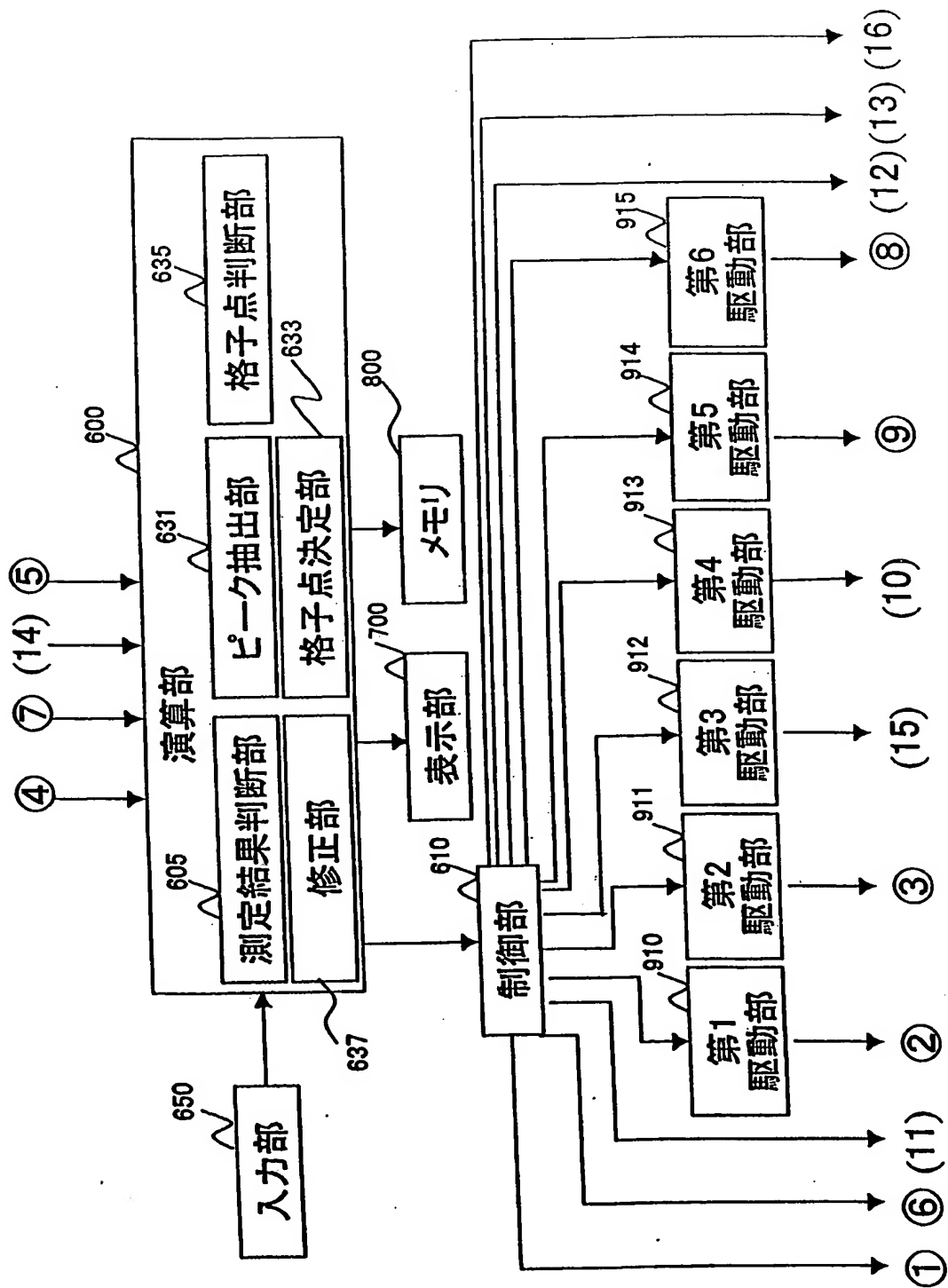


図 1 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

12 / 21

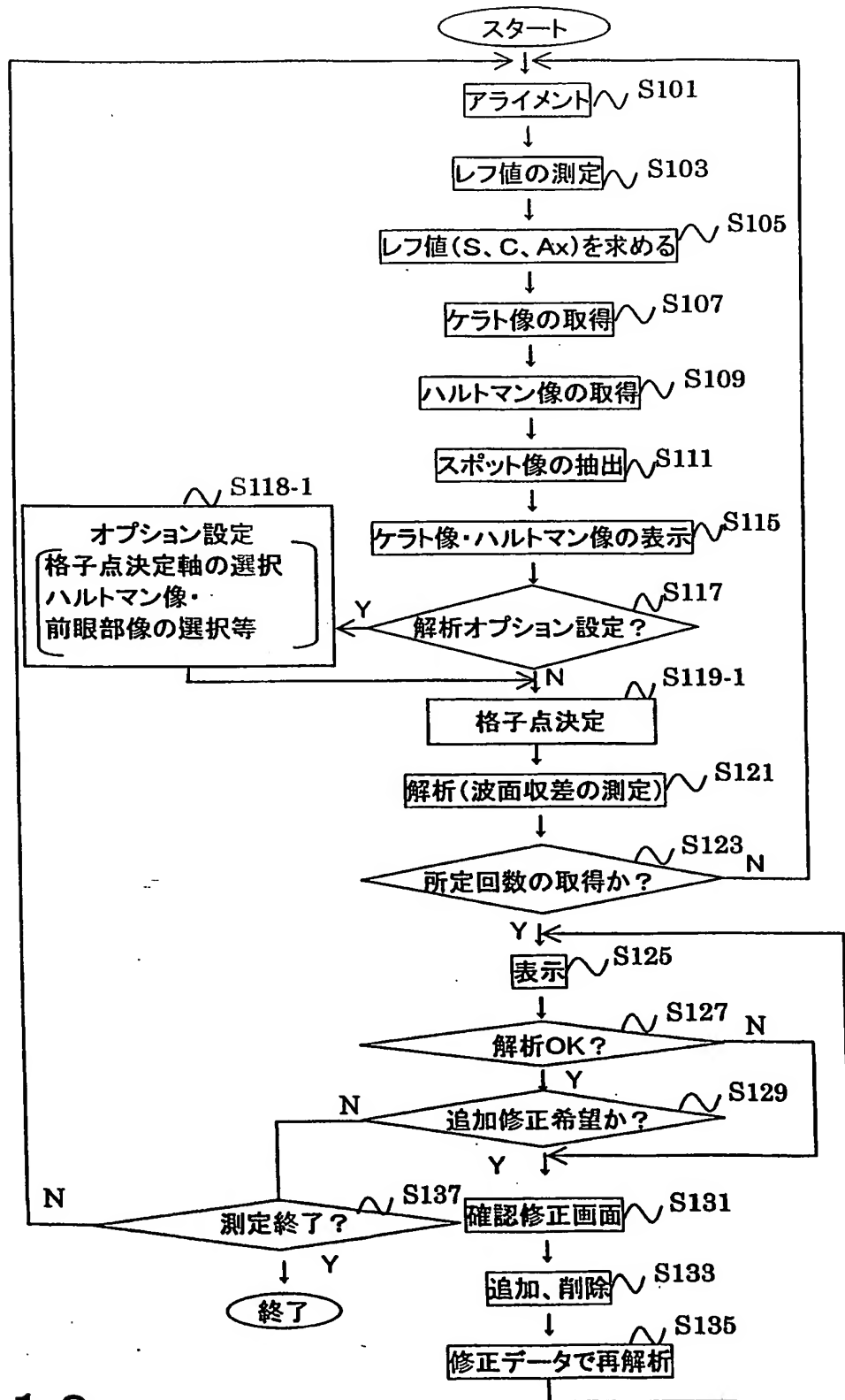


図 12

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1 3 / 2 1

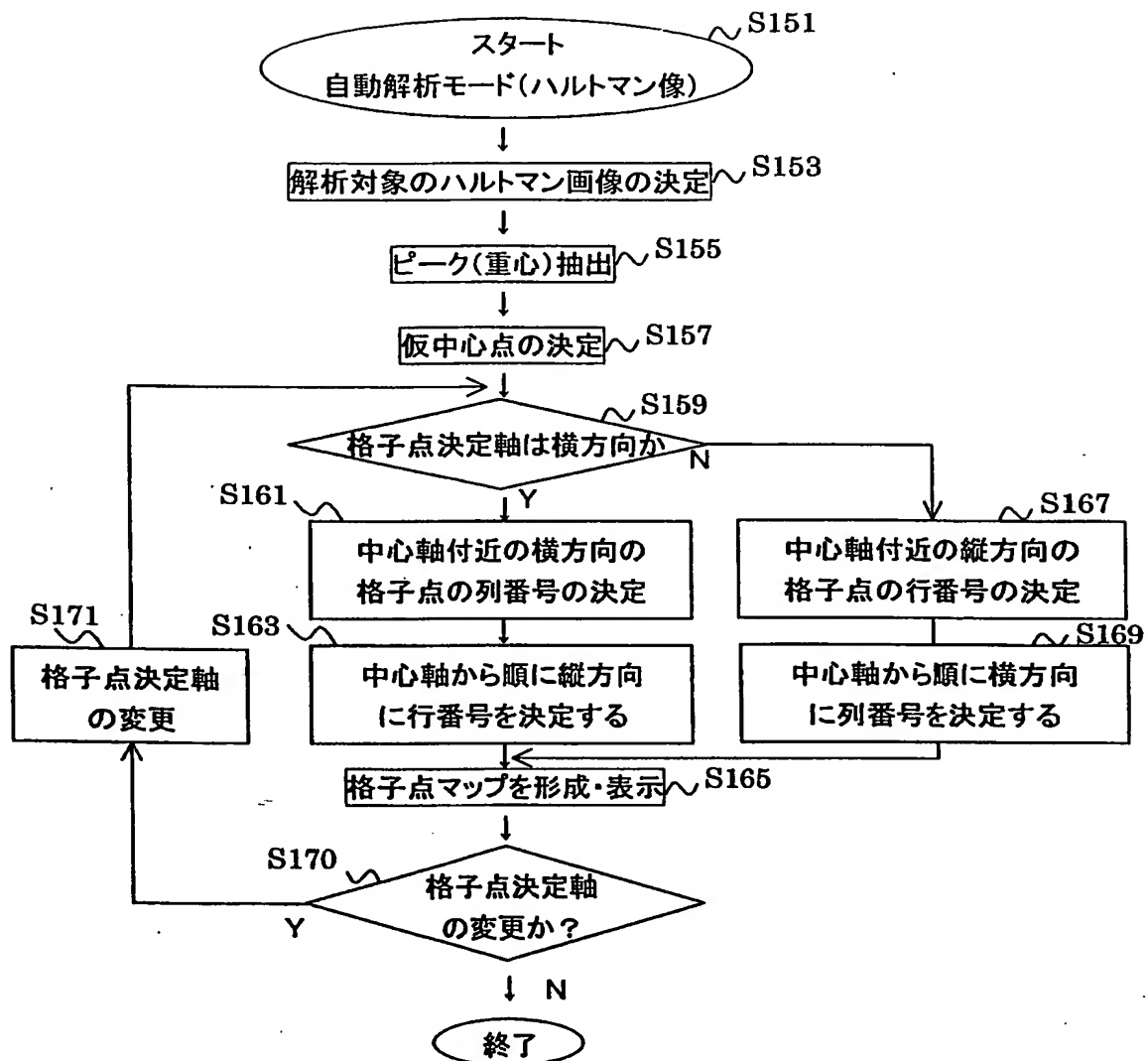


図 1 3

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

1 4 / 2 1

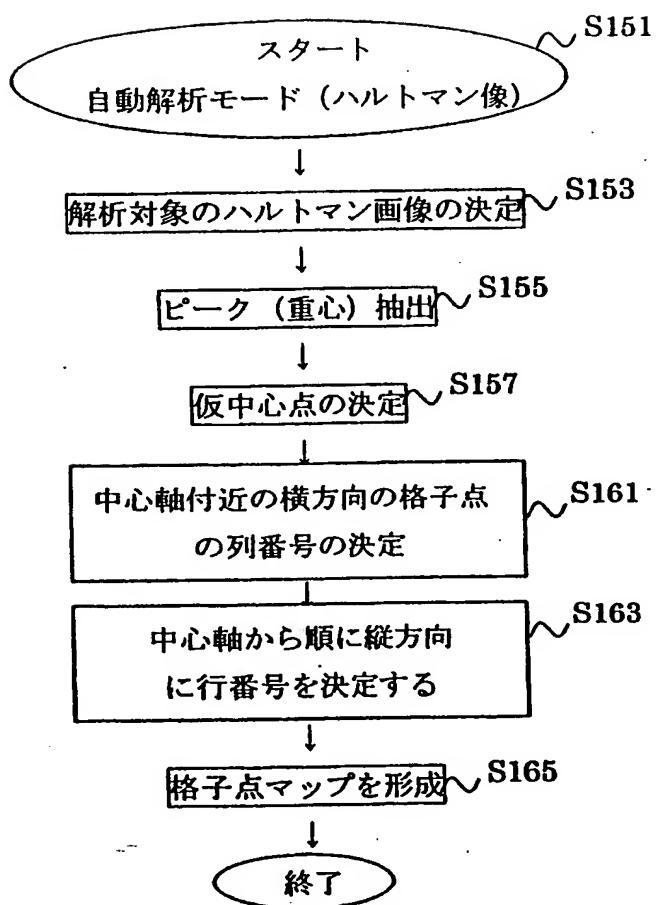
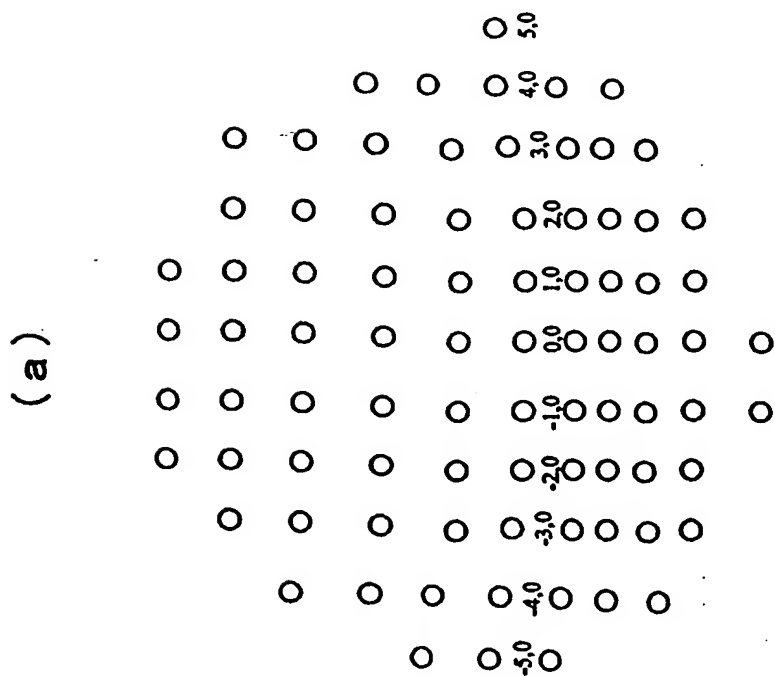
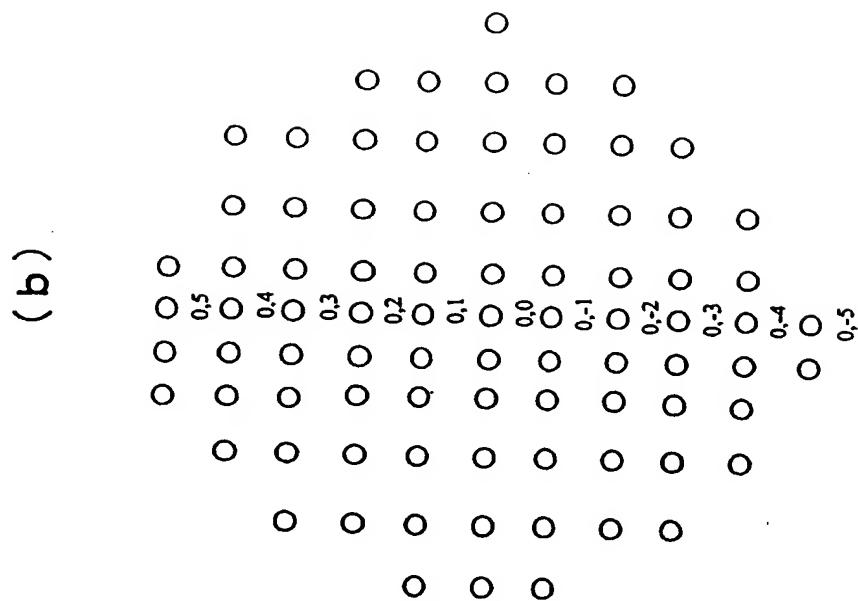


図 1 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



1 5 / 2 1



鉛直方向行番号決定例

水平方向列番号決定例

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

16 / 21

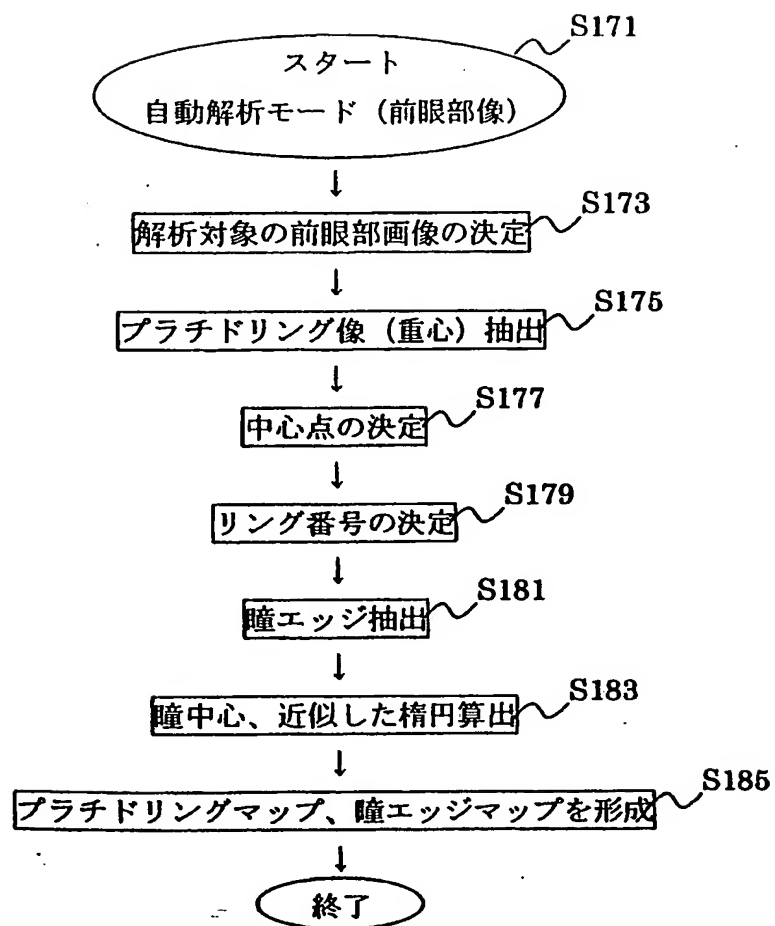


図 16

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

17 / 21

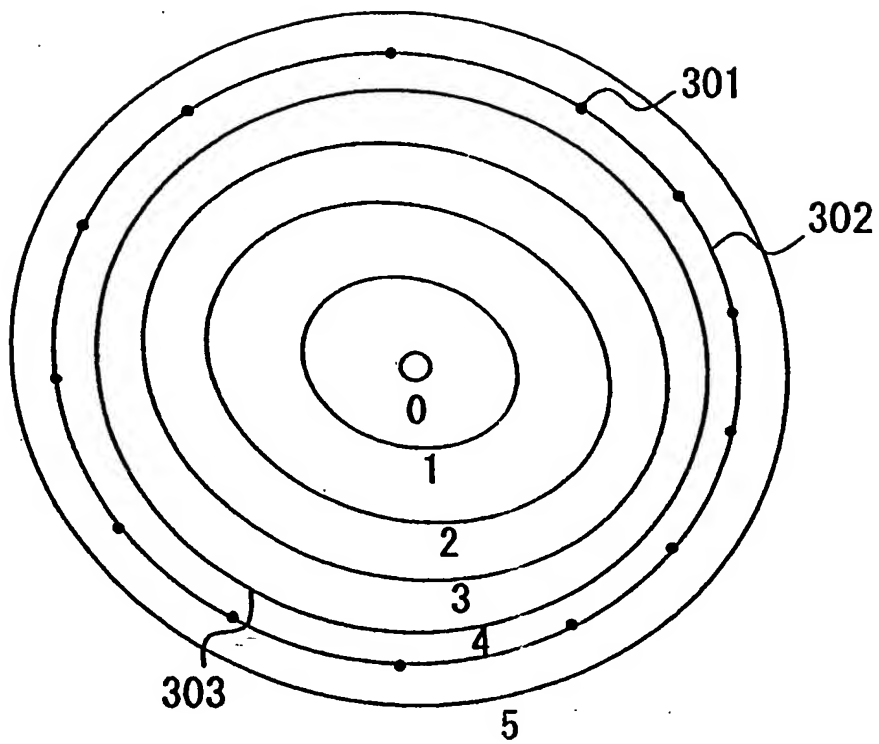


図 17

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

18 / 21

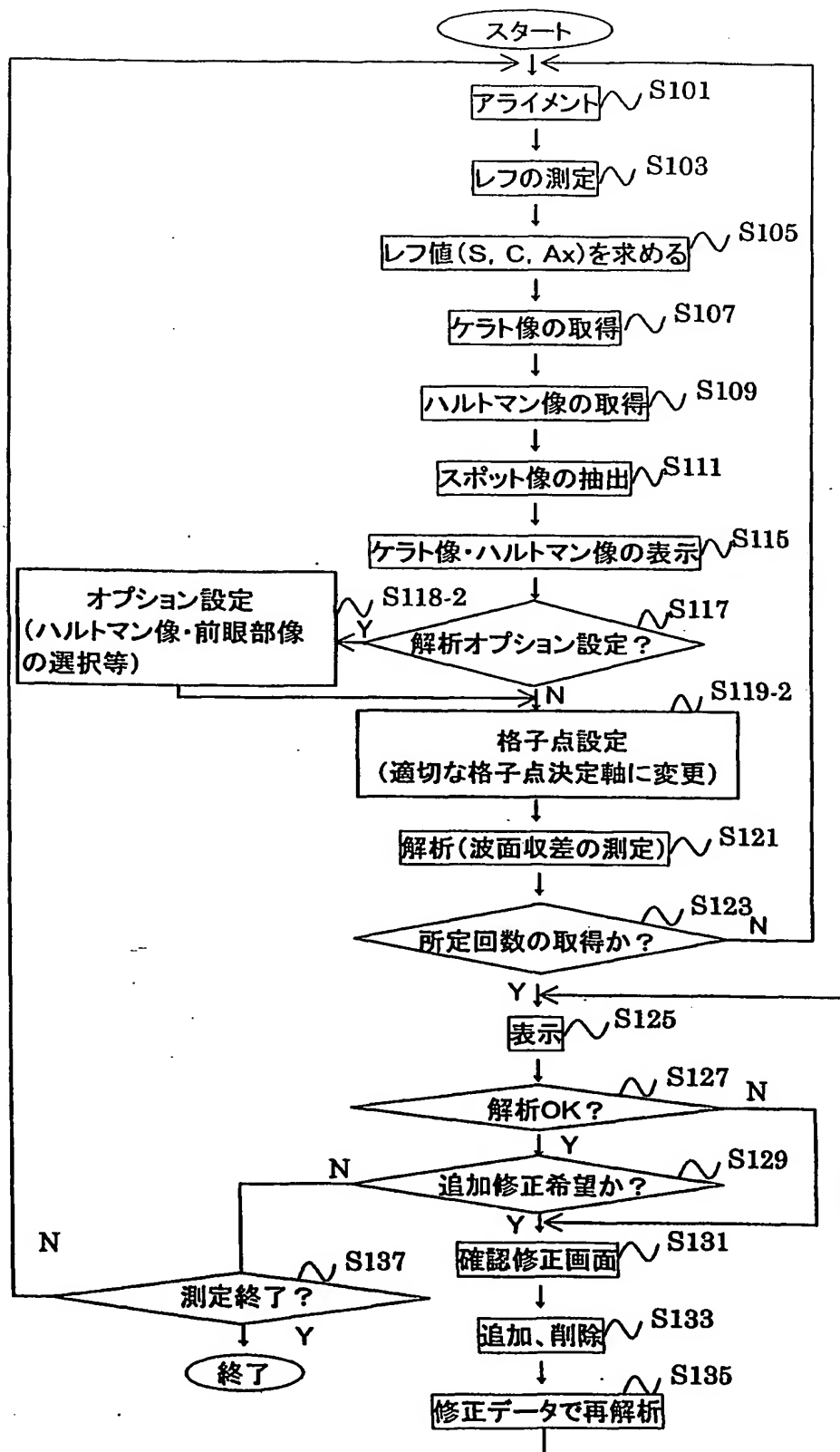


図 18

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 / 21

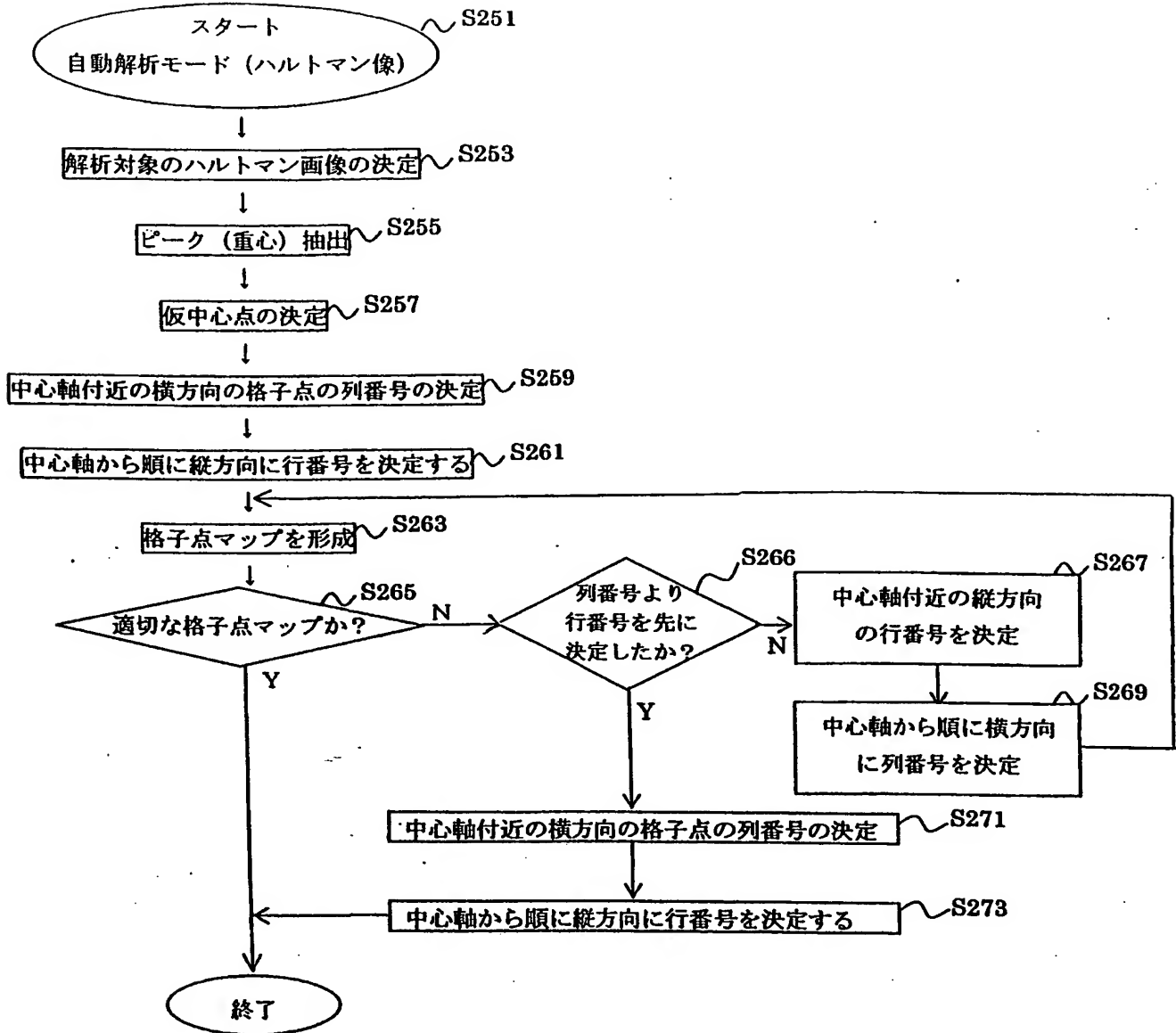


図 19

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

20/21

 $i \ 2j - i$ 

0	0	1
1	-1	$r \sin(t)$
1	1	$\cos(t) r$
2	-2	$r^2 \sin(2t)$
2	0	$2r^2 - 1$
2	2	$r^2 \cos(2t)$
3	-3	$r^3 \sin(3t)$
3	-1	$(3r^3 - 2r) \sin(t)$
3	1	$(3r^3 - 2r) \cos(t)$
3	3	$r^3 \cos(3t)$
4	-4	$r^4 \sin(4t)$
4	-2	$(4r^4 - 3r^2) \sin(2t)$
4	0	$6r^4 - 6r^2 + 1$
4	2	$(4r^4 - 3r^2) \cos(2t)$
4	4	$r^4 \cos(4t)$
5	-5	$r^5 \sin(5t)$
5	-3	$(5r^5 - 4r^3) \sin(3t)$
5	-1	$(10r^5 - 12r^3 + 3r) \sin(t)$
5	1	$(10r^5 - 12r^3 + 3r) \cos(t)$
5	3	$(5r^5 - 4r^3) \cos(3t)$
5	5	$r^5 \cos(5t)$
6	-6	$r^6 \sin(6t)$
6	-4	$(6r^6 - 5r^4) \sin(4t)$
6	-2	$(15r^6 - 20r^4 + 6r^2) \sin(2t)$
6	0	$20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1$
6	2	$(15r^6 - 20r^4 + 6r^2) \cos(2t)$
6	4	$(6r^6 - 5r^4) \cos(4t)$
6	6	$r^6 \cos(6t)$

図 20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

2 1 / 2 1

$i \ 2j - i$	
0 0	1
1 -1	$y$
1 1	$x$
2 -2	$2yx$
2 0	$2x^2 + 2y^2 - 1$
2 2	$x^2 - y^2$
3 -3	$3yx^2 - y^3$
3 -1	$3yx^2 + 3y^3 - 2y$
3 1	$3x^3 + 3xy^2 - 2x$
3 3	$x^3 - 3xy^2$
4 -4	$4yx^3 - 4y^3x$
4 -2	$8yx^3 + 8y^3x - 6yx$
4 0	$6x^4 + 12x^2y^2 + 6y^4 - 6x^2 - 6y^2 + 1$
4 2	$4x^4 - 4y^4 - 3x^2 + 3y^2$
4 4	$x^4 - 6x^2y^2 + y^4$
5 -5	$5yx^4 - 10y^3x^2 + y^5$
5 -3	$15yx^4 + 10y^3x^2 - 5y^5 - 12yx^2 + 4y^3$
5 -1	$10yx^4 + 20y^3x^2 + 10y^5 - 12yx^2 - 12y^3 + 3y$
5 1	$10x^5 + 20x^3y^2 + 10xy^4 - 12x^3 - 12xy^2 + 3x$
5 3	$5x^5 - 10x^3y^2 - 15xy^4 - 4x^3 + 12xy^2$
5 5	$x^5 - 10x^3y^2 + 5xy^4$
6 -6	$6yx^5 - 20y^3x^3 + 6y^5x$
6 -4	$24yx^5 - 24y^5x - 20yx^3 + 20y^3x$
6 -2	$30yx^5 + 60y^3x^3 + 30y^5x - 40yx^3 - 40y^3x + 12yx$
6 0	$20x^6 + 60x^4y^2 + 60x^2y^4 + 20y^6 - 30x^4 - 60x^2y^2 - 30y^4 + 12x^2 + 12y^2 - 1$
6 2	$15x^6 + 15x^4y^2 - 15x^2y^4 - 15y^6 - 20x^4 + 20y^4 + 6x^2 - 6y^2$
6 4	$6x^6 - 30x^4y^2 - 30x^2y^4 + 6y^6 - 5x^4 + 30x^2y^2 - 5y^4$
6 6	$x^6 - 15x^4y^2 + 15x^2y^4 - y^6$

図 2 1

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12941

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> A61B3/107

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> A61B3/10-3/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-321340 A (Topcon Corp.), 20 November, 2001 (20.11.01), Fig. 4; Par. Nos. [0119] to [0160] & US 2002/0041359 A1 & DE 0122248 A	1-20
A	JP 2001-204690 A (Topcon Corp.), 31 July, 2001 (31.07.01), Fig. 4; Par. Nos. [0069] to [0071], [0146], [0212] & EP 1104663 A2	1-10
A	JP 10-305013 A (Topcon Corp.), 17 November, 1998 (17.11.98), Fig. 1; Claim 3; Par. Nos. [0017], [0048], [0130] to [0131] & US 6234978 B1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 March, 2003 (14.03.03)Date of mailing of the international search report  
01 April, 2003 (01.04.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12941

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 08-266469 A (Topcon Corp.), 15 October, 1996 (15.10.96), Par. Nos. [0004] to [0006] (Family: none)	1-10
A	JP 2001-314372 A (Alcon Universal Ltd.), 13 November, 2001 (13.11.01), Figs. 4 to 6; Par. Nos. [0050] to [0063] & EP 1153570 A1 & AU 2985501 A & BR 101806 A	11-20
A	WO 00/45759 A1 (WAVELIGHT LASER TECHNOLOGIE AG), 10 August, 2000 (10.08.00), Fig. 2; page 9, line 15 to page 11, line 6 & JP 2002-536066 A & EP 1069877 A1 & CA 2327471 A & BR 004635 A	11-20
A	LOPEZ-GIL, Generation of third-order spherical and coma aberrations by use of radially symmetrical fourth-order lenses, Optical Society of America, 1988. September, Vol.15, No.9, pages 2563 to 2571	11-20



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12941

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature common to the independent claims 1, 3, 5, 11, 14 relates to "an eye characteristic measurement apparatus including a light source unit for emitting a light flux of a first wavelength, a first illumination optical system for illuminating a small area on a retina of an eye to be examined by a light flux from the light source unit, a first light reception optical system for guiding and receiving a part of the first reflection light flux reflected from the retina via a first conversion member for converting the first reflection light flux into at least 17 beams substantially, and a first light reception unit for receiving the  
(continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/12941

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

reception light flux from the first light reception optical system and generating a first signal." However, this technical feature is not novel since it is disclosed in Japanese Patent Publication 10-305013 (see claims 1 and 5).

Consequently, there is no technical relationship among the inventions of claims 1, 2, 5-10, claims 3, 4, 7-10, and claims 11-20 involving one or more of the same or corresponding technical features.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> A61B3/107

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> A61B3/10-3/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-321340 A (株式会社トプコン) 2001. 11. 20, 図4, 段落119-160 & US 2002/0041359 A1 & DE 0122248 A	1-20
A	JP 2001-204690 A (株式会社トプコン) 2001. 07. 31, 図4, 段落69-71, 146, 212 & EP 1104663 A2	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 03. 03

国際調査報告の発送日

01.04.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小原 博生



2W

8102

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 10-305013 A (株式会社トプコン) 1998. 11. 17, 図1, 請求項3, 段落17、48、130-131 & US 6234978 B1	1-10
A	JP 08-266469 A (株式会社トプコン) 1996. 10. 15, 段落4-6 (ファミリー無し)	1-10
A	JP 2001-314372 A (アルソ エバーサル リミテッド) 2001. 11. 13, 図4-6, 段落50-63 & EP 1153570 A1 & AU 2985501 A & BR 101806 A	11-20
A	WO 00/45759 A1 (WAVELIGHT LASER TECHNOLOGIE AG) 2000. 08. 10, 図2, 第9頁第15行-第11頁第6行 & JP 2002-536066 A & EP 1069877 A1 & CA 2327471 A & BR 004635 A	11-20
A	LOPEZ-GIL, Generation of third-order spherical and coma aberrations by use of radially symmetrical fourth-order lenses, Optical Society of America, 1988. 09, Vol. 15, No. 9, pages 2563-2571	11-20

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

独立請求項である、請求の範囲1、3、5、11、14に共通する構成は、  
「第1波長の光束を発する光源部と、上記光源部からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる第1反射光束の一部を、該第1反射光束を少なくとも実質的に17本のビームに変換する第1変換部材を介して受光するように導く第1受光光学系と、上記第1受光光学系の受光光束を受光し、第1信号を形成する第1受光部とを備えた眼特性測定装置」であると認められるが、該構成は特開平10-305013号公報 (特に、請求項1及び5を参照) にも記載されるように、新規なものではない。

したがって、請求の範囲1、2、5~10、請求の範囲3、4、7~10及び請求の範囲11~20記載の各発明群の間に、同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係があるものとは認められない。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。  
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**